2005:18 HIP

EXAMENSARBETE

Hantering av uttjänta TV-apparater

En bedömning av förbehandling och arbetsmiljö

TOBIAS LEHNER

HÖGSKOLEINGENJÖRSPROGRAMMET
Miljö- och kvalitetsmanagement

Luleå tekniska universitet
Institutionen för Industriell ekonomi och samhällsvetenskap
Avdelningen för kvalitets- & miljöledning

LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET

2005:18 HIP • ISSN: 1404 - 5494 • ISRN: LTU - HIP - EX - - 05/18 - - SE

Hantering av uttjänta TV-apparater

-En bedömning av förbehandling och arbetsmiljö

Handling end of life TV sets

-A review on pre-treatment and working environment

Examensarbetet är utfört vid Kuusakoski Sverige AB i Skelleftehamn, för Avdelningen kvalitets- och miljöledning vid Luleå tekniska universitet.

Av
Tobias Lehner

Luleå, 25 januari 2005

Handledare:
Lars Wiklund, Kuusakoski Sverige AB
Erik Lovén, Luleå tekniska universitet

Förord

Detta examensarbete genomfördes under perioden november 2004 till januari 2005, som ett avslutande moment på högskoleingenjörsutbildningen ”Miljö- och kvalitetsmanagement” vid Luleå tekniska universitet. Arbetet omfattar 10 högskolepoäng och har utförts vid Kuusakoski Sverige AB:s verksamhet i Skelleftehamn.

Jag vill tacka Lars Wiklund, Kuusakoski Sverige AB som ställt upp med handledning samt Ola Mannberg, Kuusakoski Sverige AB som hjälpt till och bidragit med värdefull information. Vidare vill jag även passa på att tacka Lars Bodén, Rönnskärsverken för hjälp och utlåning av vågar samt Erik Lovén för handledning vid Luleå tekniska universitet. Sist men inte minst vill jag tacka all personal vid elektronikdemonteringen för ert hjälpsamma bemötande och era värdefulla bidrag av erfarenheter.

Skellefteå, januari 2005

Tobias Lehner

Sammanfattning

Tv-apparater finns idag i de flesta hushåll i Sverige och i världen. När dessa apparater blivit förbrukade, finns det skäl att ställa följande fråga. Hur ska apparaterna omhändertas när de blivit uttjänta? I många länder styr regelverk avfall från elektriska och elektroniska apparater med krav på återvinning och återanvändning, såsom i Sverige. Detta arbete handlar om hanteringen av uttjänta tv-apparater och har utförts vid Kuusakoski Sverige AB, Skellefte-hamn, ett företag som är ledande inom återvinning i Skandinavien.

Vid Kuusakoski AB:s verksamhet i Skelleftehamn genomgår uttjänta tv-apparater en förbe-handlingsprocess, där olika delar avlägsnas och sorteras för hand. De fraktioner som uppnås efter den manuella demonteringen är plast, koppar (spole och tråd), lågvärdig elektronik (kretskort), CRT-glas (katodstrålerör) och eventuellt utvändig strömkabel. Separeringen av material underlättar bland annat för efterkommande metallåtervinning.

Tv-apparater är tunga och innehar ofta en vikt som överstiger 30 kg. Förutom vikten är de även otympligt utformade med små grepp- och anläggningsytor. Ergonomi, tunga lyft samt exponeringen för damm ses som tre viktiga arbetsmiljöaspekter för demonteringsverksamhe-ten.

En analys har genomförts på materialsammansättningen för totalt 21 tv-apparater. Apparater-na demonterades manuellt och viktuppgifter samt arbetsmiljörelaterade erfarenheter notera-des. Analysen bekräftar tv-apparaternas tunga vikt (cirka 30 kg) och att damm och antistatisk kontaminering är relativt vanligt förekommande.

Med genomförda stoftanalyser har uppskattade värden för dammet i arbetsmiljön beräknats. För ämnen med existerande hygieniska gränsvärden har den uppskattade arbetsmiljöbelast-ningen uppskattats mot gällande gränsvärde. De uppskattade belastningarna visar att den kemiska inre miljön ligger, för de flesta ämnen långt under föreskrivna respektive rekommen-derade gränsvärden. Stoftets innehåll av bromerade flamskyddsmedel och klorerade dioxiner har även analyserats. Bromerade flamskyddsmedel utgör en grupp flamskyddsmedel som är särskilt använd inom elektrisk och elektronisk apparatur. För organiska ämnen såsom brome-rade flamskyddsmedel, finns endast ett fåtal rekommenderade gränsvärden. I Sverige saknas för närvarande hygieniska gränsvärden och för många substanser är de eventuella biologiska effekterna inte helt fastställda. För att jämföra de uppskattade värdena för belastningen av polybromerade difenyletrar (PBDEs) och dioxiner har referensstudier använts. Den uppskat-tade belastningen av PBDEs för verksamheten är relativt samstämmig med halter som uppmätts för en liknande elektronikdemonteringsverksamhet.

Abstract

TV sets are in use in almost every household in Sweden, and worldwide. When TV's have reached their end of life, the question arises: what to do with obsolete TV's? In many countries legislation regulates the waste from electrical and electronic equipment enforcing recovery and reuse in an environmentally sound way, like in Sweden. This work regarding handling of end of life TV sets, has been carried out at Kuusakoski Sverige AB, Skellefteå-hamn, a major recycler in Scandinavia.

At Kuusakoski's plant, waste TVs are subject to a pre-treatment process, where different parts are removed and sorted manually. Fractions obtained include plastic materials, copper (coils and cables), low grade electronics (printed circuit boards), cathode ray tube glass and external cables. The separation simplifies further treatment and metal recovery.

TV's are heavy with weights often exceeding 30 kilos. In addition to the weight TV's are of excessive size and difficult to grip. From a work place point of view the following three aspects are important: ergonomics, heavy loads and potential exposure to dust.

An analysis of the composition for the total of 21 TV's has been carried out. The parts have been dismantled and weighed and important information about the workload, as well as indications for future dismantling needs have been obtained. The analysis confirms the TV's heavy weight (approximately 30 kilos) and shows that dust and antistatic contamination occur relatively frequently.

Starting from the composition of dust samples, estimates regarding dust load on the workers have been made. For substances (metals) with existing hygienic limit values a ranking of exposure risks is given. The estimates show values far below established or recommended hygienic limit values. Dust was also analysed regarding brominated flame retardants and dioxins. Brominated flame retardants are widely used for fire protection in electrical and electronic equipment. For organic substances, like flame-retardants only a few hygienic limits are available and many substances have not yet been assessed for their biological effects. No hygienic limit values are available for those substances from Swedish authorities. The obtained dust load has been compared to values in literature. The estimated load from PBDEs in general agrees well with published values from a similar dismantling plant.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING 1

1.1 BAKGRUND 1
1.2 PROBLEMBESKRIVNING 1
1.3 SYFTE 2
1.4 AVGRÄNSNING 3
1.5 METOD 3
1.5.1 Fallstudie 3

2 FÖRETAGSBESKRIVNING 6

2.1 KUUSAKOSKI 6
2.2 VERKSAMHETSHISTORIK I SKELLEFTEÅ 6
2.3 ALLMÄN VERKSAMHETSBESKRIVNING 6
2.3.1 Inkommande och utgående material 7

3 TEORI 8

3.1 TV-APPARATER 8
3.1.1 Tv-apparater i förändring 8
3.1.2 Tv-geografi 9
3.1.3 Ämnen i tv-apparater 11
3.2 FLAMSKYDDSMEDEL 11
3.2.1 Bromerade flamskyddsmedel 12
3.2.2 Brandsäkerhet i inneslutande material för tv-apparater 14
3.3 DIOXINER OCH DIBENSOFURANER 16
3.4 MATERIALSAMMANSÄTTNING OCH ÅTERVINNING 16
3.4.1 Plast 17
3.4.2 CRT-glas 17
3.4.3 Demonteringsstudier på tv-apparater 20
3.4.4 Materialåtervinning vid demontering av monitor 21
3.5 LAGSTIFTNING 22
3.5.1 Direktiv 22
3.5.2 Hygieniska gränsvärden 24
3.6 ARBETSMILJÖ 24
3.6.1 Tunga lyft 25
3.6.2 Problem vid demontering 25
3.6.3 Identifiering av behov 25
3.6.4 Damm 26
3.6.5 Arbete med katodstrålerör (CRT) 26

4 EGNA MÄTRESULTAT 28

4.1 PLOCKANALYS 28
4.2 PROVTAGNING AV DAMM 31
4.3 DEPOSITION AV DAMM VID ELEKTRONIKDEMONTERING 32

5 ANALYS 34

5.1 PROCESSBESKRIVNING 34
5.1.1 Förbehandling av tv-apparat 34
5.1.2 Fragmentering 37

5.2 MATERIALSAMMANSÄTTNING 39
5.2.1 WEEE-direktivets påverkan 40
5.2.2 Glas 41
5.2.3 Plast 41
5.3 TEORETISK STOFTBELASTNING 41
5.3.1 Metaller 42
5.3.2 Flamskyddsmedel och dioxiner 44
5.4 MANUELL FÖRBEHANDLINGSMETOD 47
5.4.1 Ergonomi och tunga lyft 47
5.4.2 Damm 48
5.4.3 Buller 48
5.5 MEKANISK BEHANDLINGSMETOD 48
5.5.1 Försök med krossning av tv-apparater 49
5.6 JÄMFÖRELSE AV METODERNA 50
6 SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER 51
7 DISKUSSION 52
REFERENSER 54

Bilagor

Bilaga 1 – Intervjufrågor ”mekanisk metod”
Bilaga 2 – Vikt- och dimensionsuppgifter för tv-apparater
Bilaga 3 – Protokoll för anteckning av uppgifter vid plockanalys
Bilaga 4 – Viktresultat från plockanalys
Bilaga 5 – Provtagningsplatser för damm
Bilaga 6 – Analysresultat stoftprover 041116/23, Rönnskär XRF-analys, kemisk-analys
Bilaga 7 – Analysresultat stoftprover 041116, ESI och uppskattad arbetsmiljöbelastning
Bilaga 8 – Mätresultat: vägning av uppsamlat damm
Bilaga 9 – Processkarta: Manuell behandlingsmetod, mekanisk metod (scenario)

1. Inledning

I detta kapitel ges en introduktion till ämnet och en beskrivning av den problembild som råder. Vidare presenteras även arbetets syfte och avgränsningar samt en beskrivning de metoder som använts.

1.1 Bakgrund

Tv-apparater finns idag i de flesta hushåll i Sverige. När en tv-apparat är förbrukad ska den enligt lag omhändertas på ett miljöanpassat sätt. I Skelleftehamn har Kuusakoski Sverige AB en fragmenteringsanläggning som bland annat tar hand om uttjänta elektriska och elektroniska apparater. En del av dessa apparater är tv-apparater, vilket detta arbete behandlar. Vid anläggningen sker förbehandling och bearbetning av elektronikskrot. Tv-apparater hanteras och demonteras manuellt vid förbehandlingen. Demonteringen utförs av personal vid ett löpande band, där apparaterna plockas isär och sorteras i olika fraktioner. Bakstycket, bildröret och en kopparspole är några delar som sorteras från en tv-apparat. De fraktioner som idag uppstår efter den manuella förbehandlingen är plast, koppar (spole och tråd), lågvärdig elektronik[1] (kretskort), CRT-glas (katodstrålerör)[2] och eventuellt utvändig strömkabel. Av dessa fraktioner går kretskort, koppar och den utvändiga strömkabeln till återvinning. Plast- och glasfraktionen går för närvarande till förbränning respektive deponering. Detta eftersom tillräckligt kostnadseffektiva lösningar och tillräckligt beprövade metoder samt i vissa fall även marknad (exempelvis för ”sekundär plast”) saknas. Den så kallade lågvärdiga elektroniken (kretskort med mera) går vidare till en fragmenteringsprocess. Denna process är delvis mekanisk och delvis manuell. Fragmenteringen innebär att materialet sönderdelas i en kvarn följt av olika separationsmetoder. Övergripande kan material skiljas efter sin vikt, konduktivitet och storlek. Magnetiska och icke magnetiska metaller kan separeras genom magnetavskiljare.

1.2 Problembeskrivning

Tv-apparater är stora, tunga och besvärliga att hantera. Den fysiska utformningen på apparaterna är inte särskilt greppvänlig. Utvecklingen av tv-apparater i det så kallade Widescreen-formatet med större bildrör har inte underlättat den förbehandling som uttjänta tv-apparater idag genomgår. Trenden mot plattare tv:s av typen plasma eller LCD (Liquid Crystal Display) är ur belastningsergonomisk synvinkel fördelaktig men det dröjer ännu ett tag innan dessa tillfullo ersätter de befintliga apparaterna i våra hem. Dagens manuella förbehandling av tv-apparater innebär tunga lyft och till viss del även repetitiva rörelser. Arbetsrisker är bland annat exponering för damm och buller samt skär- och belastningsskador.

Ett nytt EU-direktiv som behandlar producentansvar för uttjänta elektriska och elektroniska apparater är under införande. Direktivet som fått namnet WEEE-direktivet (Waste Electrical and Electronic Equipment), ska gälla i alla EU:s medlemsländer. Sverige har sedan 1 juli 2001 haft producentansvar för elektriska och elektroniska produkter. Det betyder kortfattat att den som producerar en elektrisk produkt, även ska se till att den omhändertas på miljömässigt godtagbart sätt när den är uttjänt. WEEE-direktivet i sin nuvarande utformning kommer att påverka verksamheter som bedriver återvinning av uttjänta elektriska och elektroniska

[1] Lågvärdig elektronik är en fraktion som består av bland annat kretskort, metaller och plastmaterial.
[2] CRT-glas avser glas från katodstrålerör (CRT = Cathode Ray Tube). Katodstrålerör (bildrör) utgör den bildvisande delen på tv-apparaten och består till cirka 90 procent av glas.

apparater. Av en tv-apparats totala vikt ska minst 65 procent gå till materialåtervinning. I direktivets definition på materialåtervinning exkluderas all form av energiåtervinning. Det betyder att materialet måste gå till återvinning och får därmed inte bortskaffas genom till exempel förbränning (energiutvinning) eller deponering. Katodstråleröret utgör cirka 60 procent av tv-apparatens totala vikt och är även den viktmässigt största fraktionen som erhålls efter demontering. I nuläget bortskaffar Kuusakoski AB fraktionen med CRT-glas genom deponering, vilket betyder att drygt 60 procent av tv-apparatens vikt direkt går till deponi. Den nuvarande utformningen av WEEE-direktivet, med ett krav på minst 65 procent material-återvinning skulle därmed inte uppnås. Det finns dock olika tekniker för att återvinna uttjänt CRT-glas. En av dessa går ut på att katodstråleröret delas i två halvor varvid dessa kan processas och återvinnas var för sig. Detta underlättar då den kemiska sammansättningen i katodstrålerörets uppbyggnad varierar. I röret förekommer bland annat kiseloxid (SiO_2), bly, kadmium samt sällsynta jordartsmetaller (såsom barium och strontium). För de sistnämnda är de biologiska effekterna inte helt klarlagda.

Ett problem med att nå återvinningsbarhet för uttjänt CRT-glas är att det idag finns få verk-samheter som kan ta emot glaset. Nyligen har en verksamhet i Tyskland meddelat att de lägger ner sin verksamhet med återvinning av CRT-glas. En stor utmaning är att finna långsiktigt och lönsamma metoder för återvinning av det uttjänta CRT-glaset.

Direktivet säger även att vissa delar bland annat katodstrålerör, kretskort (vars yta överstiger 10 kvadratcentimeter) och plast innehållande bromerade flamskyddsmedel, ska genomgå selektiv behandling. Vidare ska den fluorescerande ytbeläggningen (som genom upphettning frambringar tv-bilden) avlägsnas från bildröret. Kuusakoski AB:s nuvarande behandlingsme-tod för tv-apparater uppfyller dagens gällande lagar och krav men införlivas WEEE-direktivet med dess nuvarande utformning, är risken stor att förändringar måste till för att verksamheten ska leva upp till kraven. En annan viktig aspekt är ekonomin, återvinning måste bära sig i längden annars överlever inte dessa verksamheter.

Den plastfraktion som erhålls efter demonteringen klassas som flamskyddsinnehållande och skickas för närvarande till förbränning med energiåtervinning. Flamskyddsmedel tillsätts kemiskt vid plasttillverkningen för att förhindra antändning av material. Allmänt har det pågått en debatt om flamskyddsmedel och dess potential som miljögift. Bromerade flam-skyddsmedel utgör en grupp flamskyddsmedel som är särskilt använd inom elektrisk och elektronisk apparatur. Gruppen kan huvudsakligen indelas tre delgrupper; Bromerade difenyl-etrar (PBDE), tetrabrombisfenol A (TBBP-A) och dess derivat, samt övriga bromerade medel vilket inkluderar polybromerade bifenyler (PBB) och hexabromcyklododekan (HCBD). Bromerade flamskyddsmedel kan återfinnas som förorening i en mängd olika miljöer, till exempel sjukhus, laboratorier och kontorslokaler. Sjödin et al. (2001) har bland annat påvisat förekomsten av bromerade flamskyddsmedel i både luft och blod vid elektronikdemonterings-arbete. Kuusakoski Sverige AB i Skelleftehamn har genomfört yrkeshygieniska kontroller på bland annat luftkvaliteten vid demonteringsverksamheten. Däremot saknar verksamheten uppgifter på dammets innehåll av bromerade flamskyddsmedel i demonteringshallen.

1.3 Syfte

Syftet med detta arbete är att övergripande undersöka miljönyttan med den nuvarande behandlingsmetoden för uttjänta tv-apparater. Med miljönytta avses främst de effekter som utfaller på den inre miljön (arbetsmiljön). Ett fokus har lagts på den förbehandling som apparaten genomgår med demontering samt dammaspekten. Arbetet ska även ge en kortfattad

inblick i en så kallad mekanisk behandlingsmetod, som tidigare prövats inom branschen. Vidare är syftet att förmedla en klarare bild till läsaren, över hur en uttjänt tv-apparat tillvaratas efter den blivit inlämnad och att det finns en fortsättning efter apparaten lämnats för kassering.

1.4 Avgränsning

Arbetet är avgränsat till att endast omfatta förbehandlingen av tv-apparater med katodstrålerör (CRT-glas). Denna avgränsning gjordes eftersom den bedömdes lämplig för arbetets tidsåtgång. Övriga typer av TV-apparater såsom plasma, LCD och projektions-TV behandlas endast övergripande i teorikapitlet för att läsaren ska ges en bredare inblick i området.

Arbetet behandlar endast övergripande den manuella metoden och fokuserar främst på den förbehandlingsverksamhet som bedrivs. Vidare ges en kortfattad inblick i en mekanisk metod som ansågs viktig att nämna. Inom arbetsmiljöområdet har fokus lagts på den dammbilden, eftersom denna ansågs som en viktig och relativt mätbar del i den rådande arbetsmiljön. Mätbarheten underlättar en bedömning av arbetsmiljön, då föreskrivna hygieniska gränsvärden och rekommendationer finns att tillgå för vissa ämnen.

1.5 Metod

Till detta arbete har olika metoder använts för att samla in och bearbeta information. Dessa behandlas i avsnittet nedan.

1.5.1 Fallstudie

En fallstudie innebär att en undersökning utförs på en mindre avgränsad grupp. Med ”fall” avses då en individ, en grupp individer, en organisation eller en situation. Fallstudier utgår från ett helhetsperspektiv och används ofta vid studier på processer eller förändringar. För att det aktuella fallet ska tydliggöras inbegriper fallstudier vanligtvis information av olika karaktär. Om fallet avser en arbetsplats kan olika insamlingsmetoder kombineras, till exempel intervjuer och observationer (Patel et al., 2003).

Som undersökningsansats för verksamheten har en fallstudie använts. Platsbesök och handledda samt icke handledda studiebesök har genomförts. Observationer gjordes vilka antecknades kontinuerligt, vissa detaljer dokumenterades med digitalkamera. Samtal med anställda på arbetsplatsen har även bidragit med underlag till detta examensarbete.

Intervju
En intervju har genomförts med förberedda frågor, vilka återfinns i bilaga 1. I samband med intervjun fördes anteckningar vilka sedan sammanställdes efter intervjun. För intervjun har vissa kompletteringar och justeringar gjorts i efterhand. Kompletteringar har bland annat erhållits via telefontakt. Vidare har även ett telefonmöte genomförts om situationen för uttjänt CRT-glas från tv-apparater. Mötet gav värdefull fakta om hur marknadssituationen ser ut idag och hur det kan komma att ske en förändring inom en period på 10 år.

Mätning
Tre mätningar har utförts under arbetets gång, dessa var plockanalys, provtagning av damm och deposition av damm vid elektronikdemontering. För en mer ingående metodbeskrivning hänvisas till kapitel 4.1 plockanalys, kapitel 4.2 provtagning av damm och kapitel 4.3 deposi-

tion av damm vid elektronikdemontering. En kortfattad redogörelse för respektive arbetsgång följer nedan.

Plockanalysen omfattade demontering och vägning av totalt 21 tv-apparater. Samtliga apparater demonterades manuellt och följde Kuusakoski AB:s fraktionsindelning. Apparaterna demonterades däremot något mer noggrannare än vad som sker vid den vardagliga demonteringsverksamheten. Detta gjordes för att erhålla en högre upplösning på fraktionerna och en noggrannare bestämning på materialinnehållet. Viktresultaten från tv-apparaterna noterades tillsammans med eventuella observationer. Se kapitel 4.1 för ingående metodbeskrivning av plockanalys.

Provtagning av damm omfattade insamling och (extern) analys av stoft. Det insamlades från olika platser vid verksamheten, vilka finns redovisade i tabell 4.2. Huvudprioriteringen vid stoftprovtagningen var platser som inte påverkades av yttre faktorer såsom städning och spolning. Proverna skulle även representera dammbelastningen från ett längre tidsperspektiv istället för korttidsvärden. Stoftproven analyserades av centrallaboratoriet vid Boliden Mineral AB, Rönnskärsverken i Skelleftehamn och ESI EnviroService International GmbH i München. Förekomsten av metaller, klorerade och bromerade flamskyddsmedel samt PCB och dioxiner analyserades i stoftproven. Utifrån analysresultatens ämneskoncentrationer (viktprocent eller viktandel) beräknades sedan ett uppskattat värde för belastningen av respektive ämne i den rådande arbetsmiljön. Den uppskattade arbetsmiljöbelastningen utgår från två tidigare uppmätta utsattheter för damm vid verksamheten. En max förekommen exponering (2,5 mg/m^3) och min förekommen exponering (0,5 mg/m^3). Båda gäller för personburen mätutrustning och uppmättes under mars respektive september månad 2004. Ett konstruerat värde vilket benämndes ”uppskattad arbetsmiljöbelastning” beräknades fram, genom att låta de analyserade stoftkoncentrationerna avspeglas på max och min förekommen dammexponering. Kortfattat multiplicerades ämneskoncentrationerna i stoftproven (viktprocent eller viktandel) med max och min förekommen dammexponering, vilket då ger ett konstruerat eller uppskattat värde för ämnesbelastningen i dammet. Denna uppskattning jämfördes sedan mot eventuella hygieniska gränsvärden eller rekommendationer. Den genomförda mätningen är ett rationellt sätt att kartlägga behovet av kommande mätningar på arbetsmiljön enligt standardiserade mätmetoder (såsom areamätning och personmätning). Då stoftet dessutom speglar långtidsvärden från verksamheten bör den uppskattade arbetsmiljöbelastningen även ses som en granskning av mätbehovet för arbetsmiljön i förebyggande syfte. Se kapitel 4.2 för ingående metodbeskrivning av provtagning och analys av damm.

För att få uppgifter om dammets deposition under en viss tidsrymd, lades pappersark (A4-papper) ut vid lokalen för elektronikdemontering. Pappersarken placerades på horisontellt underlag så att hela arkens yta skulle samla upp damm. Efter drygt två veckor togs pappersarken in för vägning. Syftet var att dammets vikt per ytenhet skulle kunna fastställas, vilket underlättar för en jämförelse mot rekommenderade gränsvärden uttryckt i liknande form. Osäkerheten i denna mätning bör dock ses som tämligen stor, då dammets vikt var svår att fastställa samt att det förekom dammförluster vid insamling av pappersarken. Se kapitel 4.3 för ingående metodbeskrivning av dammets deposition vid elektronikdemonteringen.

Litteraturstudie

För inhämtning av litteratur har bland annat internet används. Vissa av de använda artiklarna har hämtats från Ebsco-databasen (tillänglig via Luleå universitetsbiblioteks hemsida) men även sökmotorer som Google har använts samt andra källor. En del av referenslitteraturen har även varit tillänglig via personliga kontakter, såsom åtkomsten till vissa böcker och rapporter.

Validitet och reliabilitet
Information som insamlas genom bland annat mätning är av kvantitativ art. Osäkerheten kring sådant insamlande kan delas in i två begrepp. God validitet betyder att det som är tänkt att undersöka verkligen undersöks. God reliabilitet innebär att mätningen genomförs görs på ett tillförlitligt sätt (Patel et al., 2003).

För att öka reliabiliteten i detta arbete jämförs uppnådda resultat med liknade studier och referenser. Resultaten av plockanalysen samt provtagning och analys av damm jämförs mot liknande studier. De uppnådda resultaten skiljer sig inte avsevärt mot fastställda resultat i litteraturen.

Alternativa metoder
På grund av tidsfaktorn fick vissa moment utelämnas från detta arbete, dock ingen av ovanstående. En tanke fanns bland annat på att besöka någon liknande verksamhet för att se hur andra förbehandlare arbetar med demontering av tv-apparater. Funderingar på att jämföra två behandlingsmetoder fanns även, men underlaget bedömdes relativt litet för en sådan analys. Vid plockanalysen sågs även möjligheten att indela tv-apparaterna i ett högre antal fraktioner, men detta skulle ha blivit betydligt mer tidskrävande och inte gett möjlighet att jämföra mot dagens praxis.

2 Företagsbeskrivning

I detta kapitel ges en beskrivning av det företaget som detta arbete är utfört vid. Företagshistorik, en allmän verksamhetsbeskrivning samt materialflöden förklaras.

2.1 Kuusakoski

Kuusakoski är ett ledande internationellt återvinningsföretag med aktiviteter i Sverige, Finland, Ryssland, Taiwan och Baltikum samt Polen. Företagets främsta aktivitet i Östersjöregionen är metallåtervinning med bland annat förädling och logistiklösningar. Förutom tillhandahållandet av återvinningstjänster bedrivs även planering, utförande och leverans av återvinningsutrustning och anläggningar till industrikunder. År 2003 hade Kuusakoski en omsättning på drygt 417 miljoner euro och ett materialflöde på cirka 2 miljoner ton. Antalet anställda uppgick år 2003 till 1 346 personer (Kuusakoski, 2004a). Kuusakoski finns idag på ett 16-tal orter i Sverige och en av dessa orter är Skelleftehamn.

2.2 Verksamhetshistorik i Skellefteå

År 1923 grundade makarna Arvida och Arvid Andersson Skellefteå Skrot och Metallaffär. Företaget var då lokaliserat centralt i Skellefteå stad. Några år senare öppnades en anläggning på stadsdelen Norrhammar där många industrier etablerades. ”År 1941 ombildas företaget till ett aktiebolag och får namnet Aktiebolaget Arv. Andersson” (Kuusakoski, 2004b). I slutet av 60-talet uppfördes en ny anläggning på stadsdelen Hedensbyn som än idag är ett industriområde med bland annat nuvarande Kuusakoski inhyst. Vid anläggningen som är en skrotgård, lagras och sorteras metaller. Transporterna till och från anläggningen förenklades med ett järnvägsspår. År 1981 köpte gruvföretaget Boliden alla aktier i Aktiebolaget Arv. Andersson. Tio år senare (1991) byggs en fragmenteringsanläggning inom Rönnskärsverkens industriområde som bland annat fragmenterar elektronikskrot. År 1999 certifierades företaget enligt miljöledningssystemet ISO 14001 och samma år överlåter Boliden 75 procent av sina aktier till Kuusakoski OY. Ett år senare påbörjas projekteringen av den nya förbehandlingsanläggningen vid Skelleftehamn med fragmenteringsverksamhet. Hösten 2002 invigdes fragmenteringsanläggningen i Skelleftehamn, vilket är samma anläggning som detta arbete är utfört vid. Kuusakoski OY blir ensam ägare till företaget under 2003 och senare samma år byter Arvamet AB namn till Kuusakoski Sverige AB (Kuusakoski, 2004b).

2.3 Allmän verksamhetsbeskrivning

Vid verksamheten i Skelleftehamn sker bland annat förbehandling och fragmentering av uttjänta elektriska och elektroniska apparater (även benämnt elektronikskrot). Förutom behandlingen av elektronikskrot sker även omhändertagande av annat metallskrot såsom bilar. Området på 48 000 m^2 upptas bland annat av byggnader och lagerytor för varierande typer av skrot. Det bör även nämnas att en ny fragmenteringsanläggning avsedd för elektronikskrot, är under uppförande när detta arbete skrivs.

Enligt Kuusakoski (årtal saknas) underlättas metallåtervinning vid fragmentering av elektronikskrot. Detta genom att komplext skrot mals sönder och varvid material kan sorteras ut som är attraktiva för till exempel smältverk och gjuterier. Elektronikskrotet skiljs åt från det övriga skrotet genom enskild hantering och lagring. Ett steg i hanteringen av elektronikskrot är förbehandling, där en manuell kontroll och avlägsning av vissa komponenter sker. Från tv-

apparater avlägsnas bland annat katodstråleröret, vilket betraktas som en ”farlig komponent” (Kuusakoski, årtal saknas).

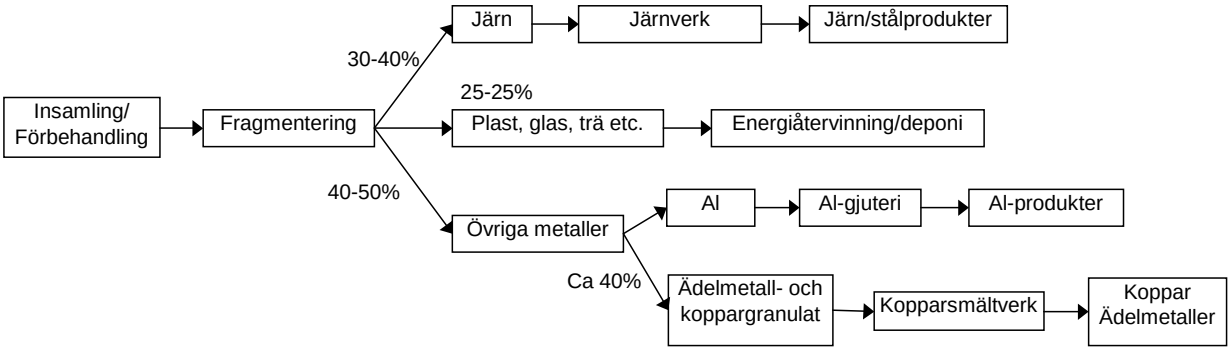
2.3.1 Inkommande och utgående material

Material anländer till verksamheten via lastbil, järnväg eller båt. Allt material som inkommer körs genom en radioaktivitetskontroll (så kallad radiakportal). En ungefärlig bedömning som gjorts av Kuusakoski ger fördelning på det inkommande materialet till 25 procent skrotbilar, 10 procent vitvaror och 60 procent blandat skrot från kommuners insamlingsstationer. Kuusakoski har även en ungefärlig bedömning på det utgående materialet från verksamheten, cirka 74 procent är järn, 6 procent bedöms vara non-ferrous[3] (inklusive aluminium) och cirka 20 procent utgörs av avfall (så kallad fluff) (Kuusakoski, årtal saknas).

Elektronikskrotet vid Kuusakoski AB:s anläggning kommer från olika leverantörer och kommuners insamlings- eller förbehandlingsstationer. Järnet som utgör en del av det utgående materialet från verksamheten, transporteras för närvarande med båt. Aluminium och koppar erhålls även vid materialseparering, dessa transporteras idag med lastbil. Den så kallade non-ferrous (icke-magnetisk metallfraktion) skickas för närvarande till Finland för fortsatt behandling och bearbetning. Transporten sker i regel med lastbil och Kuusakoski AB innehar de tillstånd som krävs för gränsöverskridande transporter av avfall (Kuusakoski, årtal saknas).

Fragmenteringsavfall – ”fluff” och filterstoft

I figur 2.1 visas ett flödesschema över Kuusakoski AB:s verksamhet i Skelleftehamn. Det avfall som uppstår i processen benämns ”fluff” och utgör cirka 20 procent av den bearbetade mängden. Avfallet separeras till stor del vid vindsikten[4] där lättare material skiljs från tyngre. Fluffen består av bland annat plast, papper och trä som alla är relativt lätta material. För närvarande går denna fraktion dels till energiåtervinning och dels till deponi. För den så kallade fluffen används en separat deponicell med tätad botten. Liknande procedur gäller för det filterstoft som uppkommer vid fragmenteringsprocessen (Kuusakoski, årtal saknas).



Figur 2.1 Flödesschema enligt Kuusakoski AB (Kuusakoski, årtal saknas).

[3] Non-ferrous är benämningen för en icke magnetisk metallfraktion som erhålls vid materialseparering.
[4] Vindsikt är en separationsmetod som går ut på att tyngre material skiljs från lättare genom luftströmning.

3 Teori

I detta kapitel ges läsaren möjlighet till en förberedande teoristudie inom området. Här behandlas tv-apparaten och dess utveckling, flamskyddsmedel, dioxiner, materialsammansättning och återvinning, övergripande lagstiftning och arbetsmiljö.

3.1 Tv-apparater

År 2003 utgjorde tv-apparater tillsammans med video- och radioapparater omkring en femtedel (drygt 20 procent) av den totala återvinningen i Sverige (El-kretsen, 2004b). Den uppskattade medellivslängden för en tv-apparat är 15 till 20 år vilket kan jämföras med en monitors medellivslängd på 5 till 7 år. Många apparater kasseras dock inte, folk tenderar att spara gamla apparater istället för att kassera dem (ICF Incorporated, 1999).

3.1.1 Tv-apparater i förändring

År 1927 genomförde det amerikanska telekomföretaget AT&T (American Telephone & Telegraph Co) testsändningar genom att televisera små bilder uppbyggda av 50 linjers bildteknik (tekniken gick ut på att horisontella linjer sveps över bildrutan och framkallar tv-bilden). Tre år senare (1930) sände det brittiska radio- och tv-bolaget BBC (British Broadcasting Corporation) det allra första tv-programmet med ljud. År 1936 ersattes de tidiga mekaniska lösningarna med hela elektriska system, därmed undanröjdes många brister som fanns i de tidiga tv-apparaterna (Elfa, 2004a).

Dagens tv-apparater med katodstrålerör håller bitvis på att ersättas med andra lösningar såsom plasma och LCD. De nya lösningarna kommer med tiden att både bli bättre och billigare. Idag är det däremot inte bildkvaliteten eller priset som får konsumenterna att välja bort CRT-tv, utan design och utrymmesbesparing. Inom marknadsföringen av platta skärmar framhålls CRT-teknikens nackdelar: otymplig, tung och tendens till att flimra. Den nya tekniken påverkas inte heller av magnetfält från exempelvis stora högtalare. Idag är det svårt att tillverka en riktigt bra bildskärm som överstiger 36 tum med CRT-tekniken (Elfa, 2004a).

En gammal analog tv-standard ritar upp bilder via horisontella linjer som sveps över rutan. I både Europa och USA görs detta enligt olika tv-system. För att spara bandbredd på utsändningen av tv-signalen sveper de äldre systemen varannan linje (interlaced), istället för att svepa alla linjer (progressive). En nackdel med att svepa varannan linje är att flimmer syns tydligare på stora bildskärmar. För att reducera detta flimmer har tillverkarna ökat frekvensen till 100 Hz eller mer. Idag finns det tre lösningar för att få en riktigt stor tv-bild. Dessa är plasma, LCD och projektions-tv (Elfa, 2004a).

Plasma

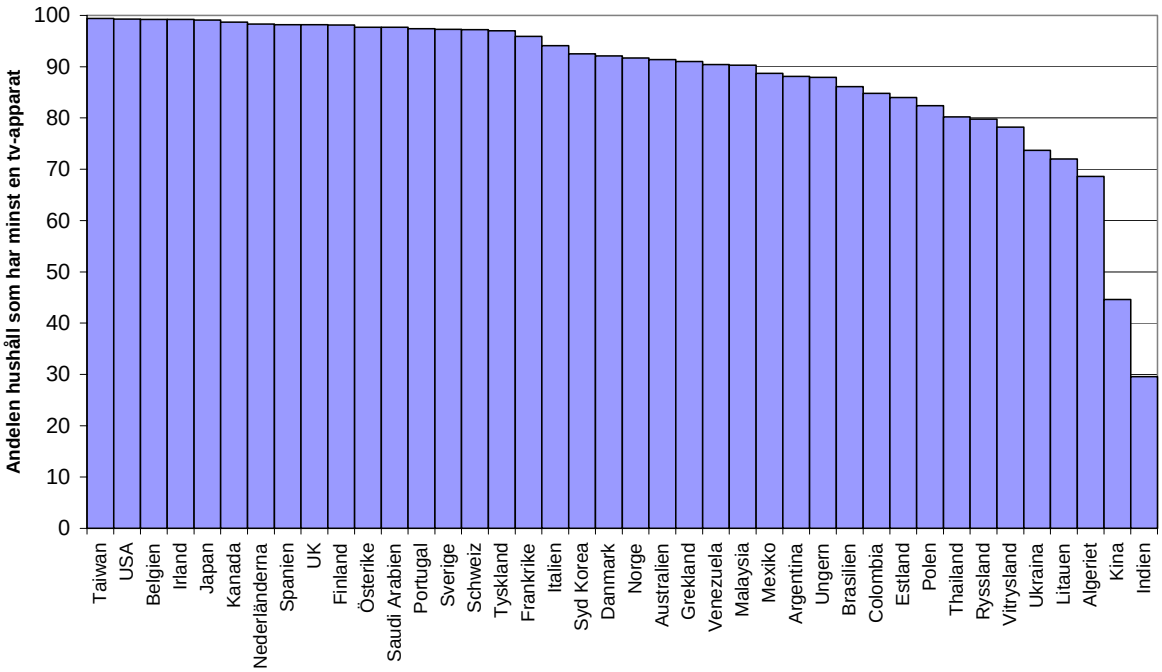
Tv-apparater av typen plasma är ofta väldigt tunna och priserna på dessa har med tiden sjunkit. Dessa tillverkas i större storlekar än de LCD-tv:s som finns på marknaden. I en plasma-tv är varje pixel i princip ett litet lysrör innehållande ädelgaserna neon och xenon. En ström omvandlar gasblandningen till plasma som avger UV-strålar. Dessa fångas upp av röd-grön-blå fluorescerande substanser som avger det ljus som bygger upp bilden. Plasmatekniken har blivit billigare efter dess introduktion och priserna har sjunkit fort. Tekniken är snabb och ger mycket bra färgåtergivning och bred kontrast. Idag kan plasmaskärmar återge mer än femton miljarder färger och med en livslängd på cirka 60 000 timmar. Ljusintensiteten

halveras efter dessa timmar när fosforpartiklar i skärmen förbrukas. Detta medför att plasmaskärmar tappar sin lyster med åren och en normal livslängd för dessa är beräknad till cirka 10 år. Förbrukningen av fosforpartiklar gäller även för CRT-tv:s som även de försämras med tiden (Elfa, 2004a).

LCD
På marknaden idag finns upp till 42 tum stora bildskärmar av typen LCD. Tunna LCD-lösningar fungerar ungefär som ett ljuselement vilket styr ljus för varje enskild pixel ifrån bakgrunden. Till skillnad från plasma kan ljuskällan ibland bytas ut om den går sönder. Till en början fanns brister med LCD-skärmar som exempelvis bildens tydlighet och dess uppdateringshastighet. Tillverkningen av LCD-skärmar är inte lika energikrävande som för plasma, vilket även betyder att de är billigare att tillverka. Energiförbrukningen vid drift är lägre än både för plasma och CRT-tv:s (Elfa, 2004a).

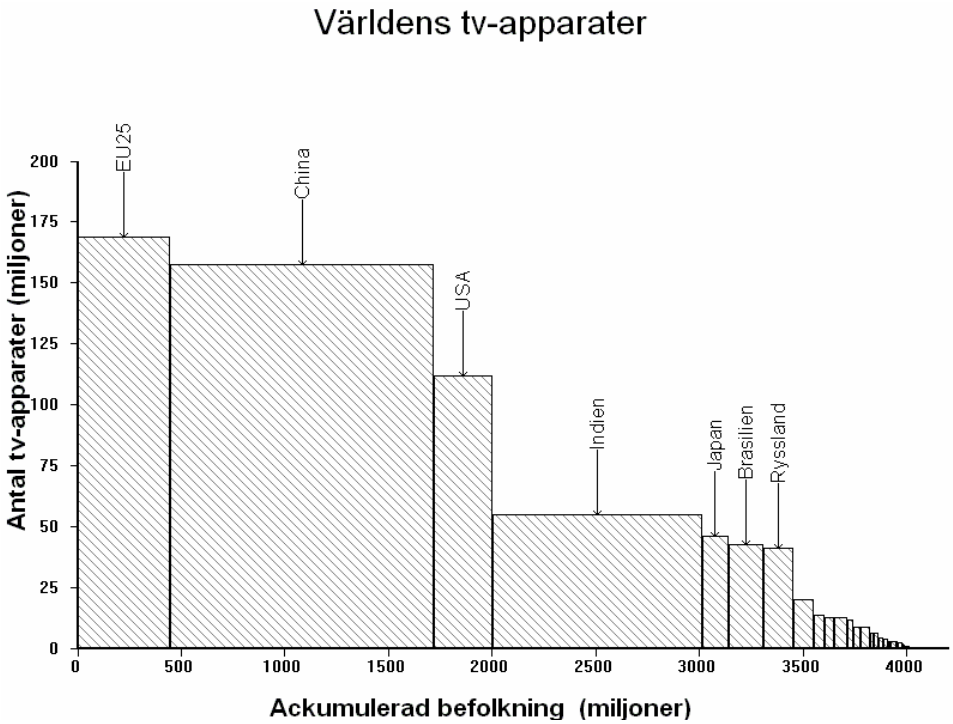
Projektions-tv
Projektions-tv är ett komplext område med olika lösningar bland annat så kallad bakprojektionslösning och fristående projektor som visar bilden på en filmduk. Flera bakprojektionslösningar bygger på LCD- eller CRT-teknik. Den använda LCD-tekniken bygger kortfattat på att bilden antigen reflekteras mot en yta eller att ljuset släpps igenom ett bildskapande element. Bildupplevelsen med projektions-tv kan upplevas som mycket bra. För bakprojektions-tv:s utnyttjas ibland DLP-teknik (Digital Light Processing) vilket innebär att tusentals små vridbara speglar finns monterade på en mikrokrets. Då en spegel vinklas mot projektorns ljuskälla projiceras en bildpunkt på tv-duken. Tv-apparater som byggts enligt denna teknik idag kommer upp i samma storlekar som stora plasmaskärmar men till betydligt lägre pris. Ännu en teknik som är under utveckling är LCOS (Liquid Crystal on Silicone) där flytande kristaller används på ett chip. Elektroniska kretsar skapar bilden som etsas in i chipet med reflekterande yta. Elektriska spänningar skapade av en digitalsignal arrangeras på chipet via en digital signal och därmed skapas själva bilden (Elfa, 2004a).

3.1.2 Tv-geografi
Tidningen ”The Economist” utkommer årligen med en pocket som innehåller samlad statistik från många av världens länder. Figur 3.1 visar att tv-apparater är vanligt förekommande i många länder. Eftersom apparaterna innehar en begränsad livslängd kan ett uppskattat värde tas fram för skrotfallet (eller mängden uttjänta apparater).



Figur 3.1 Antalet tv-apparater per 100 hushåll, figuren kan även ge en antydan om respektive lands levnadsstandard. Figuren baseras på data från The Economist (2002).

För att åskådliggöra tonnaget av tv-apparater i bruk kan figur 3.2 användas. Figuren baseras på data från The Economist (2002) samt U.S. Census Bureau (2004). Följande data har behandlats vid framställning av figuren: antal tv-apparater per 100 hushåll, population för respektive land samt medeltalet av personer per hushåll och land. För 8 av de totalt 50 länderna, har antaganden gjorts beträffande medeltal av personer per hushåll. EU25 avser den Europeiska unionen år 2004, då unionen omfattades av 25 medlemsländer. Trots att både Indien och Kina har en låg andel tv-apparater i hushållen (se figur 3.1), så har de ett högt antal tv-apparater i respektive land eftersom de är så många invånare (se figur 3.2). Den slutliga kasseringen dröjer för många av apparaterna, en del hamnar i ”fritidshus” eller blir undanställda i garderoben. Det finns även en överströmning av använda tv-apparater från höginkomstländer till utvecklingsländer.



Figur 3.2 Beskriver var världens tv-apparater förekommer. EU25 avser den Europeiska Unionen år 2004, då unionen omfattades av 25 länder. Figuren baseras på data från The Economist (2002) samt U.S. Census Bureau (2004).

3.1.3 Ämnen i tv-apparater

En tv-apparat innehåller flera ämnen vilka kan vara skadliga för människors hälsa och miljö. Nedan följer en presentation över några ämnen som särskilt uppmärksammats av lagstiftning och RoHS-direktivet (Restriction of Hazardous Substances, se avsnitt 3.5.1).

Kadmium
Finns i kretskort, plaster (främst äldre apparater) och i katodstrålerör (CRT). Det främsta risken med kadmium är njurskada och cancer (ICER, 2000). I kroppen lagras kadmium i lever och njure och utsöndras mycket sakta. Vid inandning finns det risk för cancer. Symtom vid inandning av kadmiumhaltigt damm är irritation i luftvägarna (Arbetarskyddsnämnden, 1996).

Bly
Förekommer i katodstrålerörets glas (CRT-glas) och i lödningar. Ett problem med bly är att blyjoner kan urlakas till marken, särskilt där glas krossas eller granuleras (ICER, 2000).

Bromerade flamskyddsmedel
Bromerade flamskyddsmedel finns i plasthöljen och plastinneslutningar. Vid förbränning kan vissa av de bromerade flamskyddsmedlen bilda potentiellt farliga dioxiner och furaner. Särskilt beaktningsvärda anses polybromerade difenyletrar (PBDEs) och polybromerade bifenyler (PBBs) vara (ICER, 2000). Mer om flamskyddsmedel följer i kapitel 3.2.

3.2 Flamskyddsmedel

Syftet med flamskyddsmedel är att ge skydd mot bränder. ”Ett flamskyddsmedel ska fungera så att det minskar antändningsrisken för en produkt, och om den antänds ska brinnhastigheten dämpas.” (Brandt et al., 2000, s. 123) Ett material är däremot inte obrännbart bara för att det

innehåller flamskyddsmedel. Flamskyddsmedlet ska ge skydd under hela en produkts livslängd, därför är många av dessa ämnen medvetet konstruerade att inte brytas ned så lätt (Kemikalieinspektionen, 2003).

I elektronisk utrustning dominerar användandet av de bromerade flamskyddsmedlen. Dessa är mer eller mindre motståndskraftiga mot nedbrytning (Livsmedelsverket, 2002). En omfattande datorisering i kombination med skärpta brandsäkerhetskrav har medfört en ökad användning av bromerade flamskyddsmedel (Sll, 2003). Flera av dessa ämnen är både långlivade i miljön och bioackumulerande (Miljödepartementet, 2002). En del av flamskyddsmedlen misstänks även ha egenskaper som gör dem till potentiella miljögifter. Problemet med ämnena uppstår då de inte längre hålls kvar i den produkt de var tänkt att skydda (Brandt et al., 2003).

3.2.1 Bromerade flamskyddsmedel

Bromerade flamskyddsmedel är ett samlingsnamn för ett flertal grupper av brominnehållande organiska ämnen. Totalt finns det idag ett 70-tal olika ämnesgrupper och till de mest betydelsefulla hör polybromerade difenyletrar (PBDE), tetrabrombisfenol-A (TBBP-A), polybromerade bifenyler (PBB) samt hexabromcyklododekan (HBCD).

Av alla flamskyddsmedel är de aromatiska bromorganiska föreningarna bland de mest använda. Till de bromerade aromatiska föreningarna hör bland annat PBDE och PBB. De aromatiska föreningarna är mycket termostabila och har därför lämpat sig i plaster med högt ställda temperatur krav. I de aromatiska molekylerna har väteatomerna ersatts av brom, vilket gör molekylen mycket stabil och svårnedbrytbar för bakterier och mikroorganismer. Av PBDE och PBB kan totalt 209 varianter bildas, antalet bromatomer och placeringen av dem ger upphov till mycket varierade egenskaper (Brandt et al., 2000). Till de cyklofatiska bromorganiska föreningarna hör bland annat HBCD.

Funktion
Flamskyddsmedel kan fungera på olika sätt. Vissa spjälkar av vatten (vid upphettning) vilket kyler ner branden. Andra kan reagera med plast vilket bildar nya ämnen som kväver lågan eller bildar skikt med förkolnat material som hindrar branden från att sprida sig (Kemikalieinspektionen, 2003). Hittills har de vanligast förekommande flamskyddsmedlen varit föreningar som innehållit ämnen från halogengruppen (klor, fluor, brom och jod). Olika klorerade substanser har varit vanligare förut, till exempel PCB. De bromerade substanserna har däremot visat sig vara betydligt effektivare. Ett flamskyddsmedel kan tillföras produkten på olika sätt, genom additiva och reaktiva substanser (Brandt et al., 2000).

Additiva substanser
Till de additiva substanserna hör polybromerade difenyleter (PBDE) och polybromerade bifenyler (PBB). Dessa kan blandas till det material de ska skydda utan att det uppstår någon kemisk bindning till komponenter i materialet. Vattenlösligheten är extremt låg vilket gör att materialet kan tvättas utan att substansen försvinner. Avsaknaden av förankring i det material som substanserna befinner sig i gör dem mobila, PBDE och PBB kan därför vandra i materialet och även läcka ut i omgivningen (Brandt et al., 2000). Additiva substanser sitter därmed lösare bundet i materialet vilket gör att de lättare kan läcka ut i avfallsskedet (Kemikalieinspektionen, 2003). När PBDE och PBB väl är blandat i materialet, kan de utgöra 5 till 30 viktprocent av den slutliga produkten (Brandt et al., 2000).

Reaktiva substanser
Till de reaktiva substanserna hör bland annat tetrabromobisfenol-A. De reaktiva substanserna reagerar kemiskt med det material som de blandas med vid tillverkningen. Dessa förankras i materialet och risken att de läcker ut till omgivningen är därmed liten (Brandt et al., 2000).

Hälso- och miljöeffekter
Idag saknas mycket kunskap om eventuella hälsoeffekterna av bromerade flamskyddsmedel. Vid långtidsexponering med djurförsök har det påvisats effekter på lever, sköldkörtel, reproduktion och fosterutveckling samt allergi (IMM, 2004). Kemikalieinspektionen (2004) påpekar dock vikten av att varje ämne måste bedömas enskilt eftersom eventuella hälso- och miljöeffekter kan skilja sig åt. I dagsläget finns det inget gränsvärde för de bromerade flamskyddsmedlen (Livsmedelsverket, 2004).

Polybromerade difenyletrar (PBDE) utgör ett samlingsnamn för en grupp kemiska föreningar vars grundmolekyl är bromerade difenyletrar (Sll, 2003). PBDE förekommer i tre kommersiella former, penta-, okta- och dekabromdifenyleter (Brandt et al., 2000). Varje form har olika bromeringsgrad, pentaBDE har fem, okta har åtta och deka har tio bromatomer i sin struktur (Kemikalieinspektionen, 2004a). Ett högre antal bromatomer desto stabilare (svårnedbrytbar) blir molekylen. Vidare påverkas även den flamskyddande egenskapen när molekylen förändras (Brandt et al., 2000). Enligt Kemikalieinspektionen (2004) är pentaBDE klassificerad som miljöfarligt och hälsoskadligt. Vid långvarig exponering genom hudkontakt och förtäring finns risk för hälsoskadliga effekter. PentaBDE har påvisats förekomma i bröstmjölk och är även giftigt för vattenlevande organismer. Vidare är oktaBDE är klassificerat som reproduktionsstörande (Kemikalieinspektionen, 2004a). Användningen av både pentaBDE och oktaBDE har förbjudits inom EU (se kapitel 3.5.1, RoHS-direktiv), däremot finns inget förbud rörande decaBDE (Thuresson, 2004).

Hexabromcyklododekan (HBCD) innehar en ringstruktur. Till ringen är tolv kolatomer och sex bromatomer bundna (Kemikalieinspektionen, 2004a). HBCD är bland annat bioackumulerande och giftig för vattenlevande organismer såsom alger (Gustafsson, 2003). Vidare kan HBCD ansamlas och framkalla allergi hos människa (Kemikalieinspektionen, 2004a).

Tetrabrombisfenol A (TBBPA) anses som svårt nedbrytbar och kan bioackumuleras. Ingen klassificering av ämnet finns att tillgå hos kemikalieinspektionen. Ämnet tros kunna ge skadliga långtidseffekter på vattenmiljö (Kemikalieinspektionen, 2004a).

Med dagens exponeringsnivåer bedöms dock risken för negativa hälsoeffekter hos människa som mycket liten (Sll, 2003). Vid djurförsök på gnagare med både PBB och PBDE har dessutom mycket höga halter tillförts kontinuerligt via dieten och under en lång tidsperiod.

Exponering för människan
Exponering för bromerade flamskyddsmedel kan ske på en rad olika sätt. I likhet med andra organiska miljögift såsom PCB, kan exponeringen ske via födan och främst genom fet fisk. Detta gäller särskilt PBDEs, som även kan förekomma i fjäderfä- och nötkött. Även HBCDs har påvisats förekomma i fisk. TBBPA har ännu inte kunnat härledas till födointag. Exponeringen för bromerade flamskyddsmedel kan även ske genom inandning av kontaminerad luft samt damm från byggnadsmaterial, möbler och elektronikartiklar. Användande av hushållsavloppslamm inom jordbruk ses även som en potentiell exponeringskälla. Upptag av bromerade flamskyddsmedel genom huden kan inte uteslutas i starkt förorenade miljöer (Thuresson, 2004).

Risk för yrkesmässig exponering av bromerade flamskyddsmedel finns vid exempelvis kontorsarbete (lokaler med elektronisk apparatur), gummiindustri och elektronikdemonteringsarbete. ”Yrkesmässig exponering för bromerade flamskyddsmedel sker främst via inandning, men också genom att den exponerade personen får ämnet på händerna och via beröring av mat sväljer ned ämnet.” (Sll, 2003) Övriga potentiella exponeringskällor kan vara nya bilar, möbeltyger och vanligt hemmadamm (Livsmedelsverket, 2004).

Förekomst
Polybromerade difenyletrar (PBDE) kan användas i en rad olika produkter. PentaBDE förekommer bland annat i polyuretanplast (uretanplast), flexibel polyuretanplast och gummi. OktaBDE är vanligt förekommande i akrylnitril butadien styren plast (ABS). DecaBDE har ett brett brukningsområde och förekommer bland annat i ”high impact polystyrene”-plast (HIPS), textiler, polythylen- och polypropylenplast samt epoxid harts (epoxi harts) och nylon. Förutom förekomsten i plaster till elektriska och elektroniska apparater kan PBDEs även blandas i olika färger, kretskort, kablar, golvmattor och möbler (Thuresson, 2004).

Tetrabrombisfenol A (TBBPA) förekommer främst som reaktiv substans i till exempel laminat och kretskort (Thuresson, 2004). TBBPA kan även användas vid i epoxiplaster vid tillverkning av exempelvis bakstycken och höljen till datorer. I epoxiplasterna blandas TBBPA kemiskt som reaktiv substans (Sll, 2003). TBBPA förekommer även i kretskort och inkapslingsmaterial till komponenter. Ett kretskort är uppbyggt av ett laminatmaterial dit inkapslade komponenter monteras, till exempel kondensatorer och mikroprocessorer. Vanligtvis är laminatet förstärkt med glasfiberliknande epoxilaminat (så kallad FR4) eller cellulosabaserat fenolpapper (så kallad FR2). Mest använd är ett så kallad FR4 laminat vilket förekommer i data och telekomutrustning. Detta laminat innehåller cirka 15 procent TBBPA (Tetrabrombisfenol A) som reaktiv substans. Laminat av typen FR2 innehåller också TBBPA men i additiv form. Tidigare innehöll Asien tillverkade FR2 laminat pentaBDE, dessa har dock övergått till TBBPA alltmer. I tv-apparater används ofta kretskort med FR2 laminat vilka i huvudsak innehåller TBBPA. De plastinkapslade komponenter som monteras på kretskortet är i ofta flamskyddade med en relativt låg mängd reaktiv TBBPA (Sft, 2003). TBBPA kan även förekomma som additiv substans i ABS-hartser som till exempel polystyren- och HIPS-plast. Dessa används då i produkter som kylskåp, telefoner och emballeringsmaterial (Thuresson, 2004). Som skydd för kretskorten tillförs även en lack (så kallad lödmask), lacken är ibland flamskyddad och ibland inte (Gustafsson, 2003).

HBCD förekommer bland annat i expanderad och sprutad polystyrenskumplast (det vill säga skumplast eller frigolit) samt i textiler. Skummet kan användas vid värmeisolering av byggnader och som emballeringsmaterial. I textiler används HBCD inom möbelstoppning (Thuresson, 2004).

3.2.2 Brandsäkerhet i inneslutande material för tv-apparater

Sedan 1970-talet har materialet i tv-apparaters inkapsling förändrats avsevärt. I äldre modeller bestod tv-apparatens ”hus” av trä som var täckt med ett lager av natursyntetisk faner. Bakstycket eller bakhöljet var i huvudsak gjord av delvis brädor och plywood. När plastmaterial introducerades möjliggjordes ny design för tv samtidigt som bakstyckets form blev alltmer komplex (De Poortere et al, årtal saknas). Sedan 1950-talet har användningen av plast ökat kraftigt. Inkapslingen av elektriska material förhindrar att personer kommer i kontakt med elektriskt ledande material. Plasten har både för- och nackdelar, en nackdel är dess snabba brandförlopp (Kemikalieinspektionen, 2003).

Med plastens introduktion följde även en oro över bränder i tv-apparater. För att minska brandrisken gjordes en rad tekniska förbättringar. Viktiga modifieringar som bland annat reducering av tv-apparatens energibehov, ledde till en minskad värmebildning när apparaten var igång. Ytterliggare en förbättring var introduktionen av flamskyddsmedel i plastmaterialen, vilka var motståndskraftiga mot antändning (De Poortere et al, årtal saknas).

För de flamskyddade plasterna finns olika standarder som gäller vid klassificering. Ett exempel på sådan klassificering är HB-klassificering (Horisontal Burning) enligt IEC 65 standarden. För att uppnå HB-klassificering testas ett ämne horisontellt. En låga rör sig mellan två markerade punkter på ett horisontellt ämne där detta inte får brinna fortare än 38 mm/min vid en tjocklek på 3 – 13 mm (De Poortere et al, årtal saknas).

Källor till antändning av tv-apparater
År 1996 genomfördes en studie av Sambrook Research International och det engelska departementet för handel och industri (DTI). I studien identifierade olika orsaker till brand i tv-apparater. Några exempel på brandorsaker som konstaterades är: åldrande sammanfogningar med lödtenn, slitna kontakter på huvudströmbrytaren, överhettning (obalans i kretskomponenter), bristfällig design i kretslayout (främst tidiga apparater), katodstrålerör (CRT) samt stand-by funktion (främst äldre apparater). Även åsknedslag, dammansamlingar, dekorationer och omfattande användning av stand-by-funktionen fastslogs som potentiella källor till antändning. Uppskattningsvis kan en tv-apparat bidra med ungefär 165 MJ (energi) till en eld, det motsvarar ungefär 5 liter bensin. Enligt De Poortere et al (årtal saknas) har användandet av flamskyddsmedel i inkapslingsmaterial varit viktig orsak till minskningen av antalet bränder i tv-apparater (De Poortere et al, årtal saknas).

Bakstycket och ramen
Tidigare producerades tv-apparatens bakstycke och ram i flamskyddad plast. År 1997 upphörde många tillverkarna i Europa att använda bromerade flamskyddsmedel i bakstycket på tv-apparaten. Tillverkare i Japan och USA fortsatte dock med användandet. År 2002 upphörde många tillverkarna i Europa med all användning av bromerade flamskyddsmedel i tv-apparater. Användandet fortsatte däremot för USA och Asiatiskt producerade apparater. Sft (2003) ger ett beskrivande exempel på Norges import av flamskyddsmedel i tv-apparater. Norge importerade år 2001 omkring 336 000 tv-apparater, cirka 10 procent av dessa var tillverkade i icke-europeiskt land. Bakstycket i en tv-apparats har en genomsnittsvikt på cirka 1,5 kg och ett innehåll av bromerade flamskyddsmedel på omkring 12 procent. Det motsvarar en import på cirka 6 ton bromerade flamskyddsmedel för Norge år 2001. Problemet med tv-apparaters bakstycken är den variation av bromerade flamskyddsämnen som förekommer (Sft, 2003).

Fahre (2003) har i en studie undersökt förekomsten av bromerade flamskyddsmedel i bland annat tv-apparaters bakstycken och frontpaneler. Till analysen användes mixade plastprover och ett utdrag från analysen redovisas i tabell 3.1. I studien framkom att plast i elektronik inte har någon entydig sammansättning när det gäller innehåll av bromerade flamskyddsmedel. Däremot är frontpanelen på tv-apparaten att anses som relativt ”ren” från flamskyddsmedel.

Tabell 3.1 Innehåll av bromerade flamskyddsmedel i tv-apparater enligt Fahre (2003). Gällande enhet är mg/kg. Stjärna (*) indikerar innehåll under detektionsgräns. Streck (-) indikerar ej påvisbart.

	Bakstycke, mix			Frontpanel, mix		
Ämne	Prov1	Prov2	Prov3	Prov4	Prov5	Prov6
BDE-153	800	10	*	-	*	-
TBBPA	1800	28000	500	*	900	-
HBCD	20000	1700	-	-	180	-
BDE-183	500	60	*	-	30	-
OctaBDE	42	-	260	-	-	-
DecaBDE	450	30	3000	-	30	-

En liknande studie har gjorts av BUWAL (2004) (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft). I studien analyserades inkapslingsmaterial av både trä och plast för tv-apparater. I tabell 3.2 återfinns de flamskyddsmedel som analyserats av BUWAL (2004). Skillnader kan ses i koncentrationerna för samtliga ämnen i de båda studierna, vilket visar att plastfloran inte är helt enhetlig.

Tabell 3.2 Koncentrationer (mg/kg) i manuellt demonterad och utsorterad plast samt träfraktioner enligt BUWAL (2004). Koncentrationerna avser medelvärden för flamskyddsmedel och PCB.

Ämne	TV-inkapsling trä ("tv-hus") Medel (mg/kg)	TV/PC-inkapsling Medel (mg/kg)	TV-bakstycke (plast) Medel (mg/kg)
PentaBDE	10	50	50
TBBPA	80	23000	7300
HBCD	10	50	1350
OctaBDE	10	7500	7700
DecaBDE	20	4800	13000
Total PCB	0,025	0,025	0,025

3.3 Dioxiner och dibensofuraner

Dioxiner och dibensofuraner brukar sammanfattas under namnet ”dioxiner”. Dessa ämnen utgör en grupp halogenerade miljögifter och innehåller antingen klor eller brom. Det riktiga namnet för de klorerade miljögifterna är polyklorerade dibenso-p-dioxiner (PCDD) respektive polyklorerade dibensofuraner (PCDF). Totalt kan 210 ämnen bildas varav 17 anses som särskilt giftiga (Kemikalieinspektionen, 2004b).

Förbränning av organiskt material tillsammans med klorinnehållande material kan ge upphov till bildning av dioxiner och dibensofuraner. Dessa ämnen kan även bildas som en förorening vid tillverkningen av klorerade organiska ämnen. Dioxiner och dibensofuraner har inget användningsområde och har påvisats förekomma i stora delar av miljön. Dioxiner kan även bildas naturligt och i små mängder i miljön. Dioxiner och dibensofuraner anses som långlivade organiska ämnen i miljön (Kemikalieinspektionen, 2004b).

3.4 Materialsammansättning och återvinning

Som ett inledande demonteringssteg bryts elektronikskrot normalt ner i följande huvudkategorier plast, ferrous metaller, non-ferrous metaller, katodstrålerör (CRT), kablar, kretskort och farliga komponenter. I nästa steg separeras materialet fullständigt genom till exempel magnet och virvelströmsseparator samt vindsikt. Detta steg generar bland annat järn, aluminium, koppar, glas, plast, keramiskt material, komposit och metallgranulat. Vissa återvinningsanläggningar kan även återvinna katodstråleröret (mer om detta i kapitel 3.4.2) (OECD, 2000).

3.4.1 Plast

Enligt Kobler et al. (2004) är återvinningsgraden hög för material såsom koppar, aluminium, ferrous (magnetiskt) och ädelmetaller. För elektriska och elektroniska apparater förekommer en relativt stor variation av plasttyper. Generellt bortskaffas plastmaterial enligt följande tre metoder:

- Deponering
- Förbränning med energiåtervinning som förberedande steg för metallutvinning.
- Skeppning till Asien för tillverkning av diverse lågvärdiga produkter.

Allmänt förekommande plaster som inte används tillsammans med katodstrålerör, innehåller oftast inte något flamskyddsmedel. Generellt sett används bromerade flamskyddsmedel i styren-plaster (ABS, HIPS, PS) vilket kan jämföras mot exempelvis PC-ABS där fosfatbaserade flamskyddsmedel ofta används. Kobler et al. (2004) har genomfört en pilotstudie på bland annat plastmaterial från tv-apparater. Av den utsorterade plasten från apparaterna bedömdes drygt 90 procent som flamskyddade. Den plasttyp som förekom mest i tv-apparaterna var polystyren och ”high impact polystyren” (HIPS) (Kobler et al., 2004).

Ett sätt att separera plaster som avlägsnats från apparater, är genom dess färg (svart respektive vit). Svart plast återfinns ofta i tv-apparater och vit plast förekommer i monitorer. En separat hantering av plaster med minskad risk för kontaminering av materialen, kan underlätta vid en eventuell återvinning av materialen (Kobler et al., 2004).

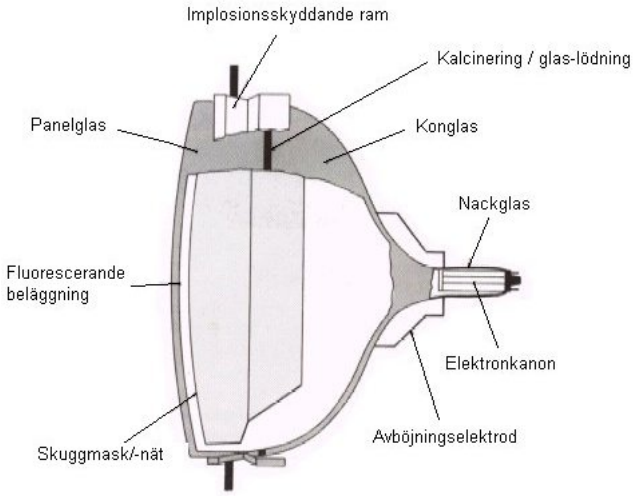
3.4.2 CRT-glas

CRT är en förkortning av ”cathode ray tube”, vilket betyder katodstrålerör. Katodstråleröret är den bildvisande delen på tv-apparaten. För CRT-produkter finns en industriell standard (SIC, code 3671) som inkluderar färgbildrör, svartvita bildrör och ombyggda bildrör. Ett CRT-bildrör består kortfattat av fyra huvudkomponenter: panelglas (frontskiva), skuggmask (skuggnät), konglas och elektronkanon. I figur 3.3 visas en översiktlig bild över katodstrålerörets uppbyggnad (ICF Incorporated, 1999).

Uppbyggnad

Panelglaset utgör katodstrålerörets framsida. Det är den delen som vi tittar på när bilden framkallas. Skuggmasken (skuggnätet) är placerad direkt bakom panelglaset och består av en tunn metallplatta med öppningar. Konglaset innehar en kon- eller trattform och bär elektronkanonen på den avsmalnade delen (nacken). Panelglaset och konglaset sitter sammanfogade med varandra genom en lödd kalcinering. Denna sammanfogning brukar benämnas ”fritt solder” (ICF Incorporated, 1999).

Elektronkanonen har till uppgift att producera elektroner vilka skjuts mot panelglaset och frambringar tv-bilden. Själva bilden framkallas genom att elektronerna upphettar den fosforbeläggning som finns på insidan av panelglaset. Denna process ger upphov till röntgenstrålning som avskärmas genom tillsats av röntgenabsorberande material. Bly, barium, strontium och zirkoniumoxider tillsätts i glaset för att absorbera strålningen (ICF Incorporated, 1999).

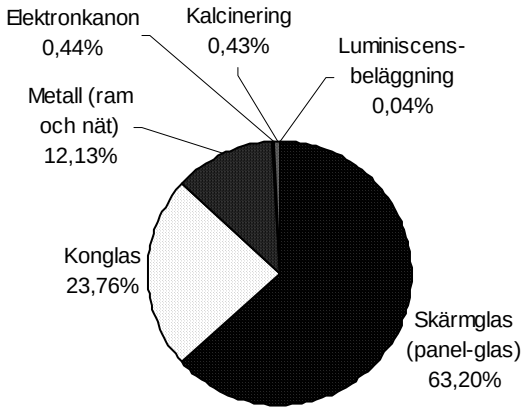


Figur 3.3 Beståndsdelar för katodstrålerör, efter Schlögl (1995).

Sammansättning

Panelglaset och konglaset skiljer sig åt vad gäller deras kemiska sammansättning. Panelglaset innehåller bland annat barium (BaO 10 %) och strontium (SrO 5 %) som används för att förstärka bildkvaliteten (Siikamäki et al., årtal saknas). I panelglaset finns även små mängder bly (2-3 %) bundet i glasmassan (OECD, 2000). Konglaset innehåller mest bly (PbO mer än 20 %) men även små mängder barium (BaO) och strontium (SrO) (Siikamäki et al., årtal saknas). Kalcineringen som fogar samman panel- och konglaset innehåller en löslig form av blyoxid (OECD, 2000). Blyinnehållet i kalcineringen är omkring 70-85 % och i nackglaset finns drygt 30 % bly (ICF Incorporated, 1999)

Glasets kemiska sammansättning har med utvecklingen förändrats flertalet gånger, mest för att skydda tittaren. Detta gör att det idag finns ett 50-tal varierande sorter av sammansättningar för tv-glas (Siikamäki et al., årtal saknas). Räknar man in både monitor och tv finns det ett 100-tal olika sammansättningar för bara panelglaset. Även mångfalden i glastillverkarnas användande av råmaterial och metoder bidrar till att öka glasfloran (ICF Incorporated, 1999). Katodstrålerörens fysikaliska sammansättning redovisas i figur 3.4. Den enskilt största vikten utgörs av panelglas följt av konglas.



Figur 3.4 Katodstrålerörets sammansättning enligt Tiltmann och Schüren (1994), vilket även bekräftas av Siikamäki et al. (årtal saknas).

Återvinning
Glasmaterialet som används i både tv-apparater och persondatorer, kan vara värdefullt men samtidigt problematiskt. Glaset innehåller många olika kemiska ämnen och föreningar vilket gör att det krävs flera behandlingar. Dessa kan till exempel vara separationer, tvättningar och krossningar. Den stora utmaningen är att utveckla kostandseffektiva metoder för behandling av uttjänt CRT-glas (Siikamäki et al., årtal saknas).

Det största problemet med återvinning av uttjänt CRT-glas är att finna lämpliga slutprodukter för det återvunna glaset. Glasets höga innehåll av bly samt andra oönskade metaller försvårar dess användbarhet vid en eventuell återvinning (ICER, 2003). Ytterliggare ett problem är det begränsade antalet verksamheter som idag bedriver återvinning av uttjänt CRT-glas (Oberle, 2004).

Oberle (2004) beskriver förenklat hur CRT-glas kan återvinnas. Återvinningsföretaget samlar in och öppnar tv-enheterna, glaset ventileras innan det tas ut och förses i en särskild container. Därefter fraktas glaset till en behandlare av CRT-glas som separerar glaset i två delar, panelglas och konglas. Dessa två utsorterade delar rengörs noggrant och kan sedan skickas till tv-glastillverkaren. Där tillverkas nya panel- och konglas till tv-apparaten (Oberle, 2004).

Idag går de största mängderna av uttjänt CRT-glas till deponi eller försvinner bland mängden hushållsavfall (Oberle, 2004). En oro finns för det sistnämnda, särskilt vart blyet tar vägen (Loew, 2000). Vidare anser Oberle (2004) att den ”legala deponeringen” vid särskilda anläggningar är den minst acceptabla lösningen för CRT-glaset. Det vore ett slöseri på värdefullt och återanvändningsbart råmaterial (Oberle, 2004). I en studie utförd av University of Florida konstateras att bly urlakas från katodstrålerör med mängder överstigande de toxiska nivåerna. Blyet urlakades med ett genomsnittshalt på 18,5 ppm vilket var betydligt högre än det så kallade toxicitets karakteristiska (TC) värdet på 5 ppm. Det finns därför en potentiell risk med bortskaffande av katodstrålerör enligt deponeringsmetoden (ICF Incorporated, 1999). Några av de vanligt förekommande metoderna för uttjänt CRT-glas presenteras nedan:

- Bortskaffande (deponering) av hela tv-enheter samt monitorer
- Skeppande av hela enheter till länder utanför Europa
- Bortskaffande (deponering) av CRT-glas, med och utan den fluorescerande ytbeläggningen
- Användning av shreddat CRT-glas (utsorterat) i vägbyggen
- Användning som slaggbildare i blysmältverk och non-ferrous metallsmältning
- Förnyad användning i smälta vid industrier som arbetar med tv-glas (Oberle, 2004).

Återsmältning till nytt CRT-glas och användande som flussmedel
En metod som används för återanvändning av uttjänt glas, är återsmältning till nytt CRT-glas. Innan återsmältning kan ske måste konglaset separeras från panelglaset. Vanligtvis görs separeringen genom sågning strax framför det sammanbindande kalcineringsskiktet. En annan metod är användandet av uttjänt CRT-glas som flussmedel vid sekundära smältningar av bly (det vill säga återvunnet material som råvara). Glaset behöver då inte separeras utan kan tas som det är, metoden återvinner även mycket av det bly som finns i glasmassorna. De två nämnda metoderna ovan anses vara de bästa ur återvinningssynpunkt (Loew, 2000).

Stabilisering vid deponering
CRT-glas som deponeras kan stabiliseras innan det läggs på deponi. Stabilisering innebär att glaset krossas till små bitar som mixas tillsammans med betong för att reducera mobiliteten hos metaller och andra beståndsdelar (ICF Incorporated, 1999).

Konstruktionsmaterial
Andra möjligheter för glaset är som slaggbildare i metallprocesser och som konstruktionsmaterial i vägbyggen. Problemet med dessa möjligheter är att finna tillräckligt kostnadseffektiva lösningar. En kostsam separering av glaset måste göras, för att i slutändan frambringa ett lågvärdigt konstruktionsmaterial samt en dyr deponeringskostnad för material som klassas som farligt avfall. En ovisshet finns även för CRT-glasets mekaniska hållfasthet om det används som konstruktionsmaterial vid vägbyggen. Påfrestningar från vägtrafiken riskerar nöta fram det inkapslade blyet, vilket därmed ökar risken för förorening av grundvatten (Oberle, 2004).

3.4.3 Demonteringsstudier på tv-apparater

Schlögl (1995) redogör sammansättningen hos ett antal elektroniska apparater men med ett högre antal fraktioner jämfört med plockanalysen i kapitel 4.1. Även Tiltmann och Schüren (1994) presenterar en analys med ett högre antal fraktioner. I tabell 3.3 visas en sammanställning från det resultat som Schlögl samt Tiltmann och Schüren erhöll vid sina analyser.

Tabell 3.3 Sammansättning hos tv-apparater enligt Schlögl (1995) samt Tiltmann och Schüren (1994).

Schlögl (1995)

Fraktion	Tv-apparat
Aluminium	0,7%
Koppar	0,8%
Järn	10,2%
Transformator	4,7%
Kabel	1,5%
Kretskort	5,5%
Plast	8,3%
Bildrör (Glas)	54,2%
Trä	13,3%
Elektronkanon	0,3%
Kondensator	0,5%
Vikt	29,4 kg

Tiltmann och Schüren (1994)

Fraktion	Tv-apparat
Aluminium	0,7%
Koppar-Tråd	0,8%
Järn	9,7%
Transformator	4,2%
Kabel	1,5%
Kretskort	5,2%
Plast	8,4%
Bildrör	54,8%
Trä	13,9%
Elektronkanon	0,3%
Kondensator	0,5%
Vikt	28 kg

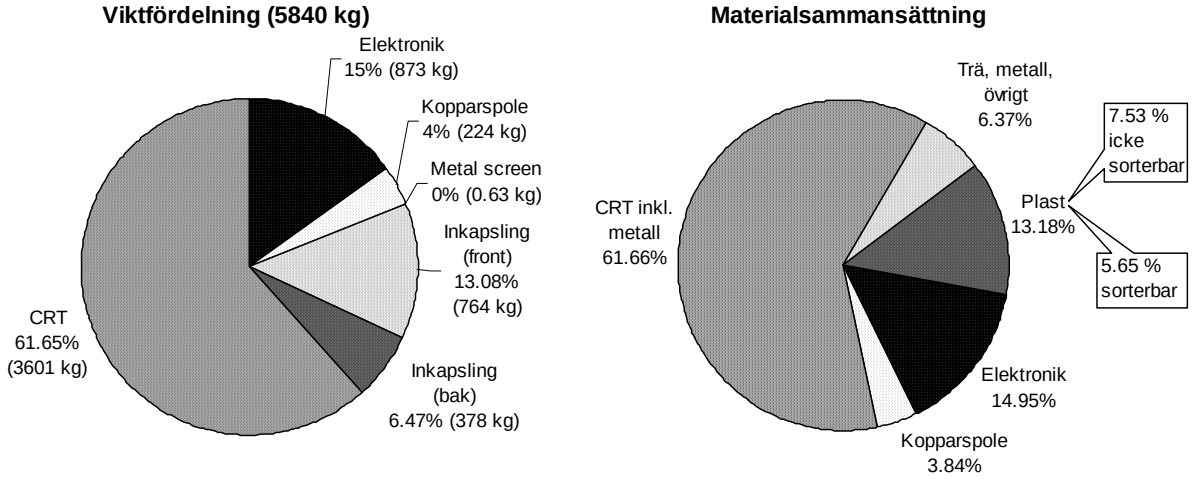
ICER (2000) nämner en annan variant på indelning av tv-apparaters sammansättning. ICER (Industrial Council For Electronic Equipment Recycling) är en tvärindustriell grupp som förespråkar återvinning och återanvändning av uttjänta (end-of-life) apparater. I deras studie ingår även en uppskattning av innehållet, vilket skiljer sig mot den verkliga sammansättningen som framtagits vid försök (se tabell 3.4). Skillnaden är mest påtaglig för materialkategorierna non-ferrous (icke magnetiskt), övrigt och avfall.

Tabell 3.4 Sammansättningen för tv-apparater enligt ICER (2000).

Artikel	Ferrous	Non-ferrous	Glas	Plast	Övrigt	Avfall
Sammansättning för tv (uppskattad)	2,8%	1,1%	51,7%	29,3%	15,1%	-
Sammansättning för tv (försök)	1,5%	16,4%	57,3%	13,9%	1,7%	9,2%

Mark (2002) beskriver sin karaktäriseringsstudie som utfördes i Schweiz på 202 tv-apparater, vilket motsvarade en total vikt på 5840 kg. I studien ingick 44 märken som var tillverkade mellan 1978 och 1998. Medelvikten var 58 kg och de inneslutningsmaterial som förekom var

trä och plast. Även polymer-typ (det vill säga plasttyp) undersöktes med följande resultat: HIPS, ABS och PVC. Förutom ovan nämnda karaktäriseringsparametrar undersöktes även ”Design for Environment” eller produktens utformning för miljön. Där identifierades bland annat märkningar, typ av plast (polymer) och tillverkningsåret. För 70 % av apparaterna kunde tillverkningsåret utläsas direkt i samband med demontering. Identifieringen av plast (polymer) typ uppnåddes på färre än 80 % av apparaterna. För plastfraktionen var en svårighet den höga kvantiteten av HIPS-plast. Viktfördelningen för samtliga (202) tv-apparater samt materialsammansättningen beskrivs i figur 3.5. I Europa antas en tv-apparats livslängd vara mellan 12 till 14 år, för Nordamerika är siffran 20 år (Mark, 2002).



Figur 3.5 Viktfördelning och materialsammansättning enligt Mark (2002). För cirkeldiagrammet med materialsammansättning, gäller en demonteringstid på omkring 5,4 minuter. Notera även sammansättningen av sorterbar och icke sorterbar plast i det högra cirkeldiagrammet.

Studien visade även på bakstycket och frontens sammansättning var för sig. Den materiella fördelningen för den främre inkapslingen var 51 % plast, 46 % trä, 2 % metall och 1 % icke-metall. Av de plastmaterial som användes i fronten på tv-apparaterna var 75 % HIPS, 21 % ABS och 4 % PVC. För det bakre höljet var 82 % HIPS, 17 % ABS och 1 % PVC. Enligt Mark (2002) demonteras en tv-apparat på omkring 5,4 minuter.

3.4.4 Materialåtervinning vid demontering av monitor

Boyce et al. (årtal saknas) har bland annat studerat graden av materialåtervinning vid demontering av monitorer (bildskärm för dator). En monitor är mindre och lättare än en tv-apparat men kan demonteras på ett liknande sätt. Genom demontering av en monitor konstaterades att det bakre plasthöljet innehöll märkning vilket antydde om flamskyddad plast. Stativet (bottenplattan) och gummifötterna var fri från sådan märkning. Plast som är förorenad med flamskyddsmedel ses som problematisk att återvinna. På det bakre plasthöljet förekom även antistatisk förorening. Det kabelmaterial som demonterats anses lättare att återvinna med en avkastning på cirka 85 % vilket därmed är kostnadseffektivt. Vid smältverk kan cirka 20 % metall återvinnas från det demonterade huvudkretskortet och bildrörets kretskort. Kopparspolen ses som en ekonomiskt värdefull del på monitorn. Den innehar ett högt kopparinnehåll av god kvalitet och är dessutom lätt att återvinna. Små kablar som demonterades ansågs tidsödande och genererade lite material till återvinning (Boyce et al., årtal saknas).

3.5 Lagstiftning

Elektriskt och elektroniskt avfall såsom uttjänta tv-apparater omfattas bland annat av miljöbalken, renhållningsförordningen och naturvårdsverkets författningssamling. Renhållningsförordningen (1998:902) kräver att verksamheter som bedriver förbehandling av elektriskt och elektroniskt avfall, måste ha certifierad personal eller certifierat kvalitets- eller miljöledningssystem. Förordningen innehåller även bestämmelser för elektriskt och elektroniskt avfall. Till exempel finns ett förbud mot deponering, förbränning och fragmentering av elavfall såvida det inte har förbehandlats hos en certifierad verksamhetsutövare (Naturvårdsverket, 2001).

Miljöbalken riktar sig till alla som bedriver verksamhet som på något sätt kan motverka balkens mål. I balkens 2:a kapitel finns ett antal allmänna hänsynsregler, av dessa bör följande beaktas:

- Bevisbörderegeln (1§)
- Kunskapskravet (2§)
- Kravet på skyddsåtgärder och iaktta försiktighetsmått (3§)
- Bästa möjliga teknik (3§)
- Lokaliseringsprincipen (4§)
- Hushålla med råvaror och energi (5§)
- Avvägningsregeln (7§)

Vidare innehåller miljöbalkens 15:e kapitel grundläggande bestämmelserna om avfall och producentansvar. Sverige har sedan den 1 juli 2001 haft förordningen om producentansvar för elektriska och elektroniska produkter (SFS 2000:208). Denna förordning verkar tillsammans med avfallsförordningen (Naturvårdsverket, 2001). Med producentansvaret följer ett ansvar för den som producerat en elektrisk eller elektronisk produkt. Ansvaret går ut på att producenten ska se till att produkten omhändertas på ett miljömässigt godtagbart sätt efter att den blivit avfall (El-kretsen, 2004a).

Naturvårdsverket har preciserat vissa krav i Naturvårdsverkets författningssamling (NFS 2001:8), Naturvårdsverkets föreskrifter och allmänna råd om yrkesmässig förbehandling av avfall som utgörs av elektriska och elektroniska produkter. Till exempel säger den 9:e § att för varje avfallsslag skall en förbehandlingsmetod väljas som gör att efterföljande återvinning eller bortskaffande av avfallet blir lämplig ur hälso- och miljösynpunkt (Naturvårdsverket, 2001).

3.5.1 Direktiv

Två direktiv samverkar för att höja miljölagstiftningen inom EU. RoHS (Restriction of Hazardous Substances) och WEEE[5] (Waste from Electrical and Electronical Equipment). Syftet med direktiven är att minska användningen av miljöskadliga ämnen. Direktiven är bindande och varje enskilt medlemsland måste införliva dem i sin nationella lagstiftning (Elfa, 2004).
Kortfattat behandlar WEEE-direktivet insamling och återvinning av elektronikavfall. Syftet med WEEE är att uppnå en gemensam strategi för hantering av elektronikavfall i alla EU:s medlemsländer. RoHS-direktivet innebär att ytterligare fokus sätts på miljöanpassad produktutveckling för elektronikindustrin (Elfa, 2004).

[5] WEEE (Waste from electrical and electronic equipment) = avfall som utgörs av elektriska och elektroniska produkter.

RoHS
RoHS 2002/95/EG (Restriction of Hazardous Substances) är ett EU-direktiv som ska gälla inom hela EU. Direktivet träder i kraft den 1 juli 2006 och kommer därefter att omfatta all ny utrustning som släpps ut på marknaden. RoHS begränsar användningen (med vissa undantag) av sex farliga ämnen; bly, kvicksilver, kadmium, sexvärt krom, polybromerade bifenyler (PBB) och polybromerade difenyletrar (PBDE). De två sistnämnda är båda bromerade flamskyddsmedel (se kapitel 3.2.1). Därmed ställer även direktivet krav på tillverkare, återförsäljare, importörer, exportörer och slutkunder (Elfa, 2004).

WEEE
WEEE-direktivet är fortfarande i ett utvecklingsstadium och de svenska myndigheterna ska införliva direktivet i svensk lag. Direktivet som fått namnet WEEE-direktivet (Waste Electrical and Electronic Equipment), ska gälla i alla EU:s medlemsländer. Som tidigare nämnt har Sverige haft producentansvar för elektriska och elektroniska produkter sedan 1 juli 2001. WEEE-direktivet omfattar en rad elektroniska och elektriska produkter bland annat hemelektronik såsom tv-apparater (El-kretsen, 2004a).

Bakgrund till WEEE-direktiv
Mängden avfall som utgörs av elektriska och elektroniska produkter växer snabbt. ”Förekomsten av farliga ämnen i elektriska och elektroniska produkter (EEE[6]) är ett stort problem i samband med avfallshanteringen, samtidigt som det inte sker materialåtervinning av WEEE i tillräcklig omfattning.” (Europeiska unionens officiella tidning, 2003, s. 1) Europaparlamentet och Europeiska Unionens råd framhäver även vikten av att främja återvinningen av avfall för att bland annat spara på naturresurser. Besparing av naturresurser uppnås särskilt genom återanvändning, materialåtervinning och energiåtervinning ur avfall. Vidare påpekar parlamentet och rådet att hanteringen av WEEE inte kan uppnås på ett effektivt sätt av medlemsstaterna enskilt. Hanteringen för WEEE skiljer sig mellan medlemsländerna, vilket medför att de nationella återvinningsstrategierna blir mindre effektiva. ”De väsentliga kriterierna bör därför fastställas på gemenskapsnivå.” (Europeiska unionens officiella tidning, 2003, s. 1)

WEEE-direktivet berör tv-apparater
WEEE-direktivets nuvarande utformning kommer att beröra förbehandlingen av tv-apparater. För tv-apparater krävs en selektiv behandling där vissa komponenter skall avlägsnas. Vidare föreskriver direktivet att 65 procent av en tv-apparats vikt måste återvinnas och får därmed inte bortskaffas på annat sätt (såsom förbränning och deponering) (Europeiska unionens officiella tidning, 2003). I praktiken innebär det att CRT-glas måste återvinnas från tv-apparaten. En selektiv behandling krävs bland annat för katodstrålerör och innebär att den fluorescerande beläggningen måste avlägsnas från röret (Siikamäki et al., årtal saknas).

Tv-apparater omfattas i artikel 2:1 och dess bilaga I A. Denna bilaga innehåller 10 kategorier av elektriska och elektroniska produkter. Som stöd till denna bilaga används bilaga I B, där det kan utläsas att tv-apparater ingår i den fjärde kategorin ”hemutrustning”. Artikel 6:1 hänvisar till bilaga II och menar att selektiv behandling skall införas för bland annat tv-apparater. Vidare är andra stycket i artikeln viktigt att notera: ”Annan behandlingsteknik som säkerställer lägst samma skyddsnivå för människors hälsa och miljö får införas…” (Europeiska unionens officiella tidning, 2003, s. 5) Sjätte artikeln ställer även tekniska krav på de företag som behandlar WEEE. En hänvisning ges till bilaga III som till exempel kräver vågar, lämpliga lagerutrymmen och rening av vatten (Europeiska unionens officiella tidning, 2003).

[6] EEE (Electrical and electronic equipment) = Elektriska och elektroniska produkter

Direktivet uppmanar även till förbättringar vid utformning samt tillverkning av elektriska och elektroniska apparater. Apparater bör utformas och tillverkas så att de underlättar nedmontering, återanvändning och återvinning (Europeiska unionens officiella tidning, 2003).

3.5.2 Hygieniska gränsvärden

Arbetsmiljöverket ska bland annat komplettera arbetsmiljölagen med föreskrifter. En sådan föreskift är ”Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar” (AFS 2000:3) (Krook, 2001). Arbetarskyddsnämnden (1990) beskriver hygieniska gränsvärden som en administrativ åtgärd för att begränsa halten av miljöfarliga substanser till en för samhället godtagbar nivå. Det hygieniska gränsvärdet anger var den ungefärliga gränsen för riskabla mängder går. Det kan sedan användas som underlag för planering, till exempel vid val av arbetsmetod och dimensionering av luftflöden samt utformning av infångningsanordningar vid föroreningskällor. Hygieniska gränsvärden används för att jämföra luftens kvalitet på olika arbetsplatser och för att undersöka en persons exponeringsförhållanden. Gränsvärdet gäller för halten förorening i inandningsluften och nämner således inget om risken för direkt hudkontakt med ett ämne (Arbetarskyddsnämnden, 1990).

Arbetsmiljöverkets föreskrift om hygieniska gränsvärden gäller för all verksamhet där luftförorening i form av exempelvis damm kan antas förekomma. Föreskriften innehåller bland annat:

- Regler om hur luftföroreningar förebyggs.
- Regler för när och hur mätningar ska göras av luftföroreningar.
- Förteckning över det hygieniska gränsvärde som råder (Krook, 2001).

Det hygieniska gränsvärdet är den högsta godtagbara genomsnittshalten av en luftförorening i inandningsluften. Den vanligaste formen att uttrycka ett hygieniskt gränsvärde är mg/m^3. Tre olika typer av gränsvärden finns:

- Nivågränsvärde: hygieniskt gränsvärde för exponering under en arbetsdag.
- Takgränsvärde: hygieniskt gränsvärde för exponering under en period av 5 minuter för ammoniak och isocyanater samt 15 minuter i övriga fall (Krook, 2001).
- Korttidsvärde: Ett rekommenderat värde som utgörs av ett tidsvägt medelvärde för exponering under en period av 15 minuter (Arbetsmiljöverket, 2000). Korttidsvärdet är en variant av takgränsvärde men juridiskt svagare. Takgränsvärdet har juridisk status av ”föreskrift” medan korttidsvärdet är en form av ”allmänt råd” (Krook, 2001).

3.6 Arbetsmiljö

När elektriska och elektroniska apparater demonteras kan både arbetsmiljöproblem och risker uppstå. Vid demonteringen förekommer skadliga ämnen, buller, risk för ögonskador och skärsår från trasigt material. Det sistnämnda förekommer när uttjänta bildskärmar och andra apparater slås sönder eller hanterats oaktsamt av konsumenter, insamlingspersonal eller övriga i transport- och hanteringskedjan. ”Detta anses i sin tur bero på att dessa aktörer vanligen har en dålig insikt i att andra människor i ett senare skede, till stor del manuellt, skall demontera den aktuella utrustningen.” (Bark et al., 2002, s. 30)

3.6.1 Tunga lyft

Behovet av mänsklig kraft har minskat sedan automatisering infördes inom den moderna industrin. Trots det kräver många arbeten muskelkraft vid hantering av material. När tunga objekt ska förflyttas utgör överbelastning en stor risk för skador i det muskulosketala systemet. Några exempel på utsatta kroppsställen för skador är ländryggen, nacken och axlar. Vid lyftarbete kan riskerna delas in i tre klasser:

- Skador vid olycksfall (till exempel tappande av bördor eller halkning).
- Överbelastning på grund av tunga bördor.
- Kumulativa skador vid upprepad belastning (Ericson et al., 1997).

Den belastning som sker på ryggen är i hög grad beroende av bördans tyngd samt avståndet till den. Eftersom ryggskador ofta leder till långvariga sjukskrivningar och förtidspensioneringar, är de att betrakta som allvarliga (Ericson et al., 1997).

Ett särskilt problem som uppmärksammats är hanteringen och lyft av tunga hushållsapparater. Andelen tunga lyft har ökat inom elektronikdemonteringen med bakomliggande orsak att bildrören i tv-apparater blivit allt tyngre. Större bildytor och widescreen i kombination med minskade anläggningsytor försämrar såväl greppmöjlighet som lyft av tv-apparaterna (Bark et al., 2002). I bilaga 2 återfinns dimensioner och viktuppgifter på några tv-apparater som försäljs idag. För 20 modeller inom kategorin 32” Widescreen blev medelvikten 55 kg. Övriga medelvärden resulterade i en höjd på 57 cm, en bredd på 89 cm och ett djup på 56.

3.6.2 Problem vid demontering

Bark et al. (2002) hävdar att andelen kvinnor som arbetar med demontering och återvinning av elektriska samt elektroniska apparater är högre än vid fordonsdemontering. Detta måste beaktas vid utformningen av arbetsplatser, hjälpmedel och verktyg. Generellt sätt finns följande problem vid utvecklingen av nya elektriska och elektroniska apparater:

- Metoder för kunskapsåterföring mellan återvinning och konstruktion samt utveckling är inte tillräckligt etablerade.
- De förekommande återvinningsmetoderna är inte tillräckligt kända av konstruktörerna (Bark et al., 2002).

Som problem ses även den breda variationsfloran av elektriska och elektroniska apparater. Produktcyklerna blir allt kortare och nya generationer av produkter kommer in med allt kortare intervall. Personalens kunskap och kreativitet är därför viktiga resurser att ta hänsyn till (Bark et al., 2002).

3.6.3 Identifiering av behov

Bark et al. (2002) beskriver om ett seminarium som förts med deltagare från bland annat elektronikåtervinningsindustrin. Många av de företag som sysslar med återvinning av elektriska och elektroniska apparater, har etablerats under 1990-talet. Därför finns inte samma ”arv” eller belastningar som för exempelvis bildemonteringsföretagen. Lokalisering av dessa företag har främst gjorts utifrån tillgång till lämplig arbetskraft och lokaler. Ett problem inom branschen har varit glasåtervinningen, där det varit svårt att finna lämpliga lösningar för återvinning. För att uppnå en god arbetsmiljö inom återvinning av hem- och hushållselektronik, angavs följande föresats:

- Inga tunga lyft skulle förekomma

- Demonteringsarbetet skulle utföras vid rätt arbetshöjd
- Genom en bra arbetsplanering skulle arbetet kunna utföras effektivt utan onödiga stressmoment.

Följande behov och krav söktes vid insamling av elektronik:

- Bättre märksystem
- Sortering anpassad till demonteringsindustrin
- Materialet ska vara helt vid insamling och transport. Insamling med så kallade komprimatorbilar bör undvikas.

Utöver ovan nämnda behov söktes även klarare hygieniska gränsvärden beträffande den kemiska arbetsmiljöpåverkan (till exempel vid demontering av brandvarnare) (Bark et al., 2002).

3.6.4 Damm

Den eventuella hälsoeffekten av damm är beroende av dammpartiklarnas storlek, form och giftighet. En mindre partikel har större chans att tränga ned i lungan. Är partikeln mindre än 5 μm kan den tränga ned till lungblåsorna, dessa partiklar brukar benämnas som respirabla. Damm kan delas in i tre olika fraktioner:

- Inhalerbar fraktion: den mängd partiklar av totalmängden partiklar i luften som kan inandas genom näsa och mun.
- Torakal fraktion: är den del av de inhalerbara partiklarna som passerar struphuvudet.
- Respirabla fraktioner: är den del av de inhalerbara partiklarna som når längst ner i luftvägarna (Krook, 2001).

Ur hälsosynpunkt är den respirabla dammfraktionen allvarligast. De respirabla partiklarna kommer ned i lungblåsorna och kan därmed lösa sig i blodet. De partiklar som inte löser sig i blodet kan ändå medföra lungskada, till exempel asbest, kristallin kiseloxid (kvarts), kristobalit och tridymit. Dessa förorsakar sjukdomarna asbestdammlunga (asbestos) och stendammslunga (silikos). Respirabla partiklar kan vara sfäriska (exempelvis pappersdamm) och fibrösa (exempelvis asbest). För de sfäriskt respirabla partiklarna är det vanligt med en diameter på mindre än 5 μm. ”En respirabel fiber kan vara längre än 20 μm men dess diameter är sällan över 2,5 μm och i vissa fall så lite som 0,12 μm.” (Krook, 2001, s.16)

3.6.5 Arbete med katodstrålerör (CRT)

Siikamäki et al. (årtal saknas) skriver att både manuell demontering och mekanisk behandling av CRT-glas, kan medföra arbetsrisker. Som exempel nämns damm som ackumulerats i apparaterna före kassering. När apparaten sedan demonteras manuellt kommer dammet i rörelse och kan frigöras (Siikamäki et al., årtal saknas). Vissa hävdar att vanligt hemmadamm skulle kunna vara en potentiell exponeringskälla för PBDE (Livsmedelsverket, 2004). För att minimera riskerna är det därför viktigt med effektiv ventilation, som även utformas så att de anställdas behov av att bära respirabla skydd minskar (Siikamäki et al., årtal saknas).

Mekaniska behandlingsprocesser kan inkapslas så att damm samlas in och filtreras effektivt före utsläpp till omgivande miljö. Vid återvinning av katodstrålerör ses bland annat glasdamm innehållande bly samt den fluorescerande beläggningen som en potentiell risk. För att garantera en säker arbetsplats och en hög kvalitet på materialet, måste resurser läggas på att skapa en dammfri miljö (Siikamäki et al., årtal saknas). Även Loew (2000) rekommenderar en

mekanisk och luftad behandling av katodstrålerör. Kretskort, avböjningsspolar och elektronkanoner med mera bör plockas bort och samlas in separat (Loew, 2000).

4 Egna mätresultat

I detta kapitel behandlas de egna mätresultat som uppnåtts under arbetet. Tre egna studier genomfördes vid anläggningen. Plockanalys (demontering och viktuppgifter på totalt 21 uttjänta tv-apparater), provtagning av damm samt deposition av damm.

4.1 Plockanalys

För att få djupare insikt i den manuella demonteringsprocessen samt få data på materialsammansättningen, genomfördes en plockanalys på tv-apparater. Analysen omfattar totalt 21 tv-apparater och utfördes under perioden 2 till 5 november, vid anläggningen i Skelleftehamn.

Urval
Tv-apparaterna som ingår i studien är av varierande märke, modell, storlek och årgång. De handplockades från de övriga inkomna tv-apparaterna vid verksamheten. Vid handplockningen beaktades att apparaterna skulle vara hela och att det enbart skulle vara tv-apparater och inte monitorer.

Förfarande
Varje tv-apparat vägdes innan den plockades isär, apparatens märke och modell antecknades. I bilaga 3 återfinns det protokoll som användes för noteringen av uppgifterna. Därefter skruvades det bakre plasthöljet av och vägdes, om stämpel med plasttyp fanns noterades denna. Kablar klipptes av och lösgjordes för att underlätta separation av kretskort (så kallad lågvärdig elektronik), dessa vägdes sedan tillsammans med kretskorten. Den långa kabeln som var ansluten med bildröret rycktes loss för hand. Även högtalaren skruvades loss där det var möjligt och vägdes som lågvärdig elektronik. Bildröret skruvades loss från tv-apparatens ram och lyftes ut, den kvarvarande ramen samt fronten för tv-apparaten vägdes sedan. När endast bildröret återstod punkterades detta med hjälp av slägga. Punktering innebär kraftigt slag med slägga, riktat mot kopparspole. Kopparspolen lossnar då samtidigt som ett ”sug” kan höras från bildröret. Sedan plockades tråden runt bildröret loss och klipptes för att kontrollera om den bestod av koppar. Kopparspolen och tråden vägdes separat och viktuppgift noterades. Bildröret vägdes i befintligt skick efter att spolen slagits loss.

Figur 4.1 Bildserie över demonteringsförfarandet vid plockanalysen. Viktuppgifter på samtliga demonterade tv-apparater (totalvikt) samt fraktioner noterades.

De verktyg som användes under demonteringsprocessen var skruvdragare, skruvmejsel, avbitartång och slägga (1,4 kg). Tv-apparaternas bakstycken (plasthöljet) satt fastskruvade på varierande sätt och med varierande typer av skruvar eller fästanordningar. En digitalkamera användes för att dokumentera vissa observationer under demonteringen. I figur 4.1 visas demonteringsförfarandet vid plockanalysen.

Mätinstrument
Vid analysen användes två olika typer av vågar, en våg för tyngre vikter (över 5 kg) och en våg för lättare vikter (under 5 kg). De två vågarna presenteras kort nedan:

METTLER TOLEDO PB5001-S: Vikter under 5 kg vägdes på denna våg som hade högre upplösning. Vågens omfång var från min 5 g till max 5100 g. Delar som vägdes på denna våg är exempelvis kopparspole, koppartråd, lågvärdig elektronik, plast, strömkabel.

SCANVAEGT Digi DI-160 (III): Vikter över 5 kg vägdes på denna våg vars upplösning var 0,5 kg. Vågens omfång var från min 10 kg till max 1500 kg. På denna våg vägdes exempelvis tv-apparatens totalvikt och bildrör.

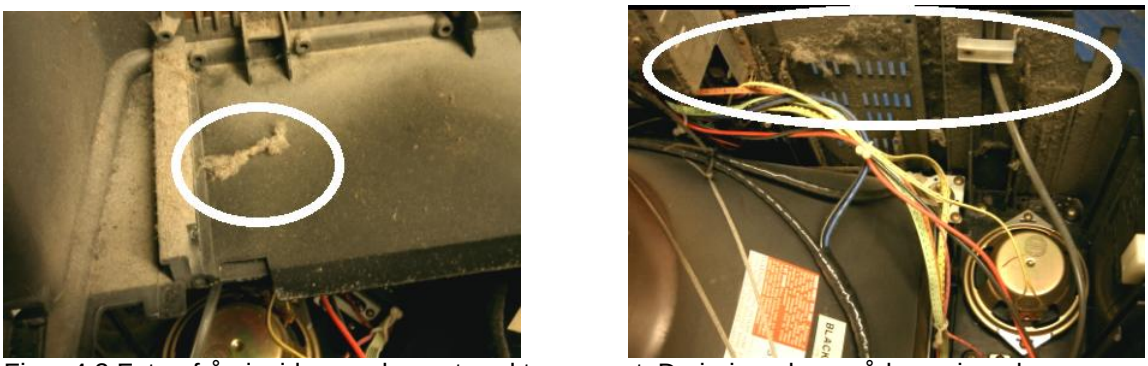
Resultat
Den procentuella fördelningen för respektive fraktion och tv redovisas i tabell 4.1. Totalvikten baseras på ett beräknat värde, notera även att summan av medelvikten för de olika fraktionerna blir 100,1 % vilket beror på avrundning. I bilaga 4 återfinns resultatet från samtliga demonterade tv-apparater. Där kan även eventuella kommentarer eller anmärkningar för respektive apparat hittas.

Tabell 4.1 Sammanställning över analyserade tv-apparater. Med totalvikt avses beräknad totalvikt och inte det värde som framtagits med våg. Samtliga apparater har demonterats på detaljnivå vilket ger en mer exakt sammansättning. Nackdelen med detaljdemontering är den tidsåtgång som krävs för varje tv-apparat.

Nr	Märke/modell	År	Cu	Lågvärdig elektronik	Bildrör	Plast	Totalvikt (kg)
1	Philips Black line S	1999?	3.3%	17.7%	64.5%	14.5%	35.6
2	Aveny Skantic Radio AB	1977?	5.1%	20.3%	52.8%	21.9%	29.4
3	Finlux Black Pointer	1989	3.8%	11.1%	66.1%	19.0%	34.8
4	Grundig supercolor STER	-	4.6%	13.2%	59.5%	22.8%	29.4
5	Philips	1990	3.3%	19.4%	68.6%	8.6%	33.5
6	Luxor 6734	1984?	2.4%	6.7%	67.9%	23.0%	33.2
7	Sharp C-2001N	-	3.3%	9.5%	65.1%	22.1%	18.4
8	Grundig P37-640-text	1994	4.0%	16.6%	58.4%	20.9%	9.4
9	Prelude modell RP-217	1994	4.0%	40.2%	45.5%	10.3%	6.4
10	Philips 14 CF-1	1986?	4.3%	17.4%	52.9%	25.4%	10.4
11	ITT Digivision 3578 HIFI	1990	3,0%	9,2%	60,1%	27,7%	32,4
12	Goldstar Modell CBS-4341	-	7.0%	19.6%	52.6%	20.9%	10.5
13	Panasonic colour monitor	ny	5.9%	13.5%	61.3%	19.3%	9.0
14	Luxor Frame 3694	1989	5.4%	15.4%	56.9%	22.2%	10.5
15	Sanyo Model 12-T260U	-	2.6%	30.8%	39.5%	27.2%	7.4
16	Luxor Remote Control 200	1993?	3.6%	7.9%	66.0%	22.5%	27.3
17	Nokia 7157 NICAM	1997	3.0%	8.7%	73.3%	14.9%	30.0
18	Nesco CTV-20P(S)	1989?	4.6%	20.9%	63.9%	10.7%	18.0
19	Sanyo model CEP3024	1991?	5.5%	14.8%	56.1%	23.6%	8.0
20	Nokia 7142 VT	1992	2.9%	19.5%	71.4%	6.2%	32.2
21	Philips 28MN1570/33B	1992?	3.4%	6.2%	72.4%	17.9%	32.4
	Medel	1992	4,05%	16,12%	60,71%	19,13%	21,8

Observationer vid demontering
Plockanalysen gav värdefull information, både genom viktuppgifter samt inblick i arbetsmomenten. Det sistnämnda var särskilt värdefullt, då demonteringsarbetet fick upplevas praktiskt.

Plastmärkning med information om plasttyp eller brandskyddsklassificering, förekom mer tydligt på de nyare modellerna. På de allra flesta tv-apparater saknades plastmärkning. På två av tv-apparaternas bakstycken noterades HB-märkning (Horisontal Burning) (se bilaga 4). HB indikerar att plasten är flamskyddad enligt ett så kallat horisontellt prov (se kapitel 3.2.2). Damm och antistatisk kontaminering var tämligen vanligt förekommande. En viss risk kan inte uteslutas att damm och partiklar kommer i rörelse i samband med demonteringsarbete. Dammets innehåll är dock inte klarlagt, av utseendet att döma rör det sig om ”vanligt” hushållsdamm. Figur 4.2 visar två fotografier från insidan av en demonterad tv-apparat där damm har ansamlats.



Figur 4.2 Foton från insidan av demonterad tv-apparat. De inringade områdena visar damm som ackumulerats i apparaten. Av dammets utseende att döma rör det sig om ”vanligt” hushållsdamm.

Arbetsbelastningen varierar med tv-apparatens storlek, en större tv väger mer och kräver därmed en högre muskelaktivitet. Det bör även påpekas att arbetstempot är betydligt högre för det vardagliga demonteringsarbetet, än den arbetstakt som föregick vid plockanalysen. Vid några tv-apparater satt plasthöljet och andra delar hårt monterade på apparaten. Skruvdragaren orkade då inte lösgöra materialet utan släggan fick användas för att slå lös delarna. Fördelarna med släggan är att den även spar tid, det går snabbt att lösgöra delar med ett slag. Plast och annat material spricker eller går sönder och underlättar därmed demonteringen av hårt fastskruvade delar. En möjlig nackdel med släggan är den ergonomiska aspekten och risken för splitter. Vid det vardagliga demonteringsarbetet sker arbetsrotation, vilket även underlättar för den ergonomiska aspekten.

En felkälla kan vara att två typer av vågar användes, dessa hade i sin tur en olik mätskala. Båda vågarna nollställdes innan mätning påbörjades. Själva demonteringsarbetet utförs allra bäst av en erfaren person, eftersom denne dagligen utför detta arbete. Det kan dock förekomma individuella skillnader i vad som exakt plockas ut från apparaten. Vidare uppstår det ett litet svinn av glas vid lösknackning av kopparspole, skruvar ramlar ner och försvinner. Men denna sorts materialförlust bedöms som mycket liten och påverkar inte vägningen av materialet nämnvärt. De flesta apparaterna var av äldre modell (10 år) och bara ett få antal nyare apparater demonterades.

Vid plockanalysen demonterades samtliga tv-apparater på detaljnivå vilket skiljer sig från den verkliga demonteringen. Den mest uppenbara skillnaden som inte mättes är tidsfaktorn och

främst tiden för demontering. I plockanalysen ingick förutom vägning, en mer detaljerad demontering vilket är mycket tidskrävande.

4.2 Provtagning av damm

Syftet med provtagningen var att undersöka vilka ämnen som dammet innehåller samt de risker som följer med en eventuell exponering. Dammet som inhämtades skulle helst representera ett långtidsvärde, därför eftersträvades ”orörda” dammansamlingar. Dammet insamlades den 16 och 23 november 2004. Mer specifika detaljer kring provtagningsplatserna återfinns nedan.

Urval
Vid valet av provtagningsplatser eftersträvades fasta punkter där manuellt arbete förekommer. Med fasta punkter avses ansamlingsställen som inte flyttas eller påverkas av yttre omständigheter som till exempel spolning och målning. En eftersträvan var även att provtagningsplatserna skulle innehålla dammansamlingar från ett längre tidsperspektiv. Då representerar provet en längre tids belastning istället för enbart en momentan belastning. I bilaga 5 återfinns mer detaljer kring de valda provtagningsplatserna.

Provtagningsplatser 16 november 2004
- Demonteringsborden: På de fyra lysrörsarmaturer ovanför demonteringsborden, det vill säga ovan de två första borden direkt från trappan.
- Demonteringsborden: På elskåpet (AS1) vid demonteringsborden.
- Passage kontor-förmanskontor: På upphängd balk till VacuMyggan.
- Passage kontor-förmanskontor: På träbalk (gången).
- Plockarkur[7]: På ventilationskåpan ovanför transportbandet.
- Plockarkur: Elskåpen
- Plockarkur: Fönsterbrädor

Provtagningsplatser 23 november 2004
- Demonteringsborden: På de fyra lysrörsarmaturer ovanför demonteringsborden.
- Plockarkur: På ventilationskåpan ovanför transportbandet.
- Plockarkur: Fönsterbrädor
- Plockarkur: Lysrörsarmaturer (under ventilationskåpan).

Metod
Dammet skrapades med en pappersskrapa från provtagningsplatsen till ett V-format papper (underlättade införsel till påse). Eventuellt skräp (skruvar, glasskärvor, ståltråd) plockades bort och provet överfördes till en märkt och slutbar plastpåse. Plastpåsen med provet förvarades därefter i en märkt och enskild papperspåse. Samtliga påsar märktes med provtagningsplats, datum och tid.

Analys
Proven analyserades av centrallaboratoriet hos Boliden Mineral AB i Skelleftehamn (Rönnskärsverkens labb) samt ESI - EnviroService International GmbH i München, Tyskland. ESI analyserade förekomsten av klorerade samt bromerade flamskyddsmedel, PCB och dioxiner i det stoft som togs från armaturerna vid elektronikdemonteringen. Rönnskärsverkens labb

[7] Med provtagningsplats ”plockarkur” avses den plockarkur som är lokaliserad vid fragmenteringsanläggningen i Skelleftehamn.

analyserade förekomsten av metaller i de övriga stoftproven, för deras analyser gjordes både en så kallad XRF-analys (röntgen) och en kemisk analys (som ger ett säkrare resultat).

Tabell 4.2 Stoftprover/dammprover vid Kuusakoski AB:s verksamhet i Skelleftehamn.

Datum och tid	**Lokal**	**Mätpunkt**	**Analyslabb och typ av analys**
041116 ~13:00	Demonteringshall	Demonteringsbord, armatur 1 + 2	ESI
041116 ~13:00	Demonteringshall	Demonteringsbord, armatur 3 + 4	ESI
041116 13:10	Demonteringshall	Demonteringsbord, elskåp AS1	Rönnskär (XRF-analys)
041116 13:30	Demonteringshall	Träbalk (gången)	Rönnskär (XRF-analys)
041116 14:20	Demonteringshall	Balk VacuMygga	Rönnskär (XRF-analys)
041116 15:10	Plockarkur	Ventilationskåpa + elskåp	Rönnskär (XRF-analys)
041116 15:20	Plockarkur	Fönsterbrädor	Rönnskär (XRF-analys)
041123 09:05	Demonteringshall	Armatur 1 + 2 + 3 + 4	Rönnskär (Kemisk analys)
041123 09:40	Demonteringshall	Demonteringsbord, elskåp AS1	Rönnskär (Kemisk analys)
041123 08:30	Plockarkur	Ventilationskåpa	Rönnskär (Kemisk analys)
041123 08:45	Plockarkur	Fönsterbrädor	Rönnskär (Kemisk analys)
041123 ~09:00	Plockarkur	Lysrörsarmatur (under ventilationskåpa)	Rönnskär (Kemisk analys)

Resultat
Analysresultatet över metallförekomsten, utförda av Boliden Mineral AB:s labb, återfinns i bilaga 6. Resultatet från stoftets innehåll av klorerade samt bromerade flamskyddsmedel, PCB och dioxiner återfinns i bilaga 7. För värdering av arbetsmiljörisk se analyskapitlet (kapitel 5.3).

Även om uppskattningarna inte är direkt jämförbart mot något hygieniskt gränsvärde, kan det ge en indikation över vilka ämnen som förekommer i dammet. De stoftprover som samlades in antas vara sådant damm som kan belasta verksamheten under en längre tid (i och med att det finns där). Till exempel kan damm från armaturerna vid demonteringsborden komma i rörelse och därmed utsätta personer för exponering.

För uppskattningen av arbetsmiljöbelastningen från de organiska ämnena (flamskyddsämnen och dioxiner) finns få rekommendationer och gränsvärden. Vid jämförelse mellan den uppskattade arbetsbelastningen och de halter som Sjödin et al. (2001) uppmätt i en demonteringshall, föreligger det ingen större skillnad i varken koncentrationer eller mönstret.

4.3 Deposition av damm vid elektronikdemontering

För att mäta depositionen av dammet vid elektronikdemonteringen lades pappersark (A4) ut den 3 december klockan 10.00. Dessa ark fick sedan ligga och samla upp damm till den 17 december klockan 13.00.

Provplats
Totalt lades fyra pappersark ut på tre olika platser vid demonteringsborden. Dessa platser var: elskåp (AS1), förvaringshylla och hörselskyddsbehållare. För orientering kan figur 1.1 i bilaga 5 användas. Till uppsamlingen av dammet och till de blanka proven användes vanligt (skrivar-/kopiator) A4-papper.

Metod
Varje ark placerades horisontellt liggande med en uppsamlingsyta på 62 160 mm^2. Totalt lades fyra pappersark ut på 3 olika platser vid demonteringsborden. Arken placerades ut den 3 december klockan 10.00 på följande platser: elskåp (AS1), förvaringshylla och hörselskyddsbehållare. Den 17 december klockan 13.00 samlades arken in för vägning, för att minska eventuella förluster veks arken ihop med gem. Själva vägningen genomfördes på Rönnskärsverkens labb med en våg av märket ”Mettler AE163”. Först vägdes 10 blanka pappersark som representerar arkens vikt innan de placerades ut. De blanka arken hade en medelvikt på 4,8797 g. Mellan samtliga vägningar tarerades[8] vågen för att få ett säkrare resultat. Därefter vägdes de fyra proven vilka resulterade i en medelvikt på 4,9844 g.

En reservering bör göras för mätosäkerheten i denna mätning. Dammet som samlades in under den ovan nämnda perioden förekom i mycket små kvantiteter. Mätosäkerheten bör ses som tämligen stor då skillnaden i blanka pappersark och proven är liten. De blanka pappersarken hade dessutom en variation i sin naturliga vikt, vilket gör att det är svårare att bedöma vad som är damm och vad som hör till pappersvariationen. Vidare har fibrerna i arken en benägenhet att dra till sig fukt vilket kan medföra ökning på den slutliga vikten.

Mätinstrument
En våg av märket ”Mettler AE163” användes på Rönnskärsverkens labb för vägning av mycket små kvantiteter damm. Vågen var stationär och stod på ett så kallat vågbord.

Resultat
Dimensionen på pappersarken var 296 mm (l) och 210 mm (b). Arean för uppsamling av damm vid varje ark blir därmed 62 160 mm^2. Mätresultatet i sin helhet presenteras i bilaga 8.

[8] Tarera innebär att vågen ställs tillbaka till noll.

5 Analys

I följande kapitel analyseras tidigare erfarenheter och iakttagelser. Kapitlet inleds med en processbeskrivning över den nuvarande behandlingsmetoden för uttjänta tv-apparater.

5.1 Processbeskrivning

I detta avsnitt beskrivs processen för en tv-apparat vid Kuusakoski AB:s anläggning i Skelleftehamn. Materialet är grundat på de platsbesök som gjorts vid anläggningen, samtal med anställda samt Kuusakoski AB:s ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för befintlig och utökad verksamhet i Skelleftehamn. I bilaga 8 återfinns ett flödesschema för behandlingen av tv-apparater vid anläggningen.

5.1.1 Förbehandling av tv-apparat

En tv-apparat anländer som allt annat elektronikskrot med lastbil. När lastbilen inkommer görs en registrering samt en kontroll av vikt och eventuell radioaktivt. Materialet har då transporterats från exempelvis kommuners uppsamlingsställen. På lastbilen är tv-apparater förpackade i lastbärare eller så kallade häckar. Avlastningen av häckarna sker med truck, därefter staplas de i bestämd ordning inne i demonteringslokalen. I samband med detta görs en registrering på de anlända häckarna. På titelsidan till detta arbete finns ett foto på uppstaplade häckar lastade med bland annat tv-apparater.

Av inkommande mängd elektronikskrot till verksamheten utgör tv-apparater och monitorer omkring 40 procent, vilket visas i tabell 5.1. Stora mängder tv-apparater processas därmed manuellt.

Tabell 5.1 Andelen tv-apparater som inkommer till Kuusakoski AB:s verksamhet under ett år. Tabellen baseras på data från ett faktureringsunderlag som innefattade en period på ett år.

Typ av produkt	Ton	Andel
TV-apparater samt alla TV med inbyggd video	727	29%
Bildskärmar, glas/CRT	257	10%
Total summa inkl övrigt elektronikmaterial	2486	100%

Lokalen
Förbehandlingshallen för elektronikskrot är 2000 m^2 och inrymmer sanering av bilar, förbehandlingsverksamhet för elektronikskrot och lagringsytor. För det blotta ögat är belysningen som bäst vid demonteringsborden (platsen där elektroniken demonteras). För detta arbete gjordes ingen studie av lokalens ventilation men miljön kan upplevas som aningen dammig. Föremål som lämnas i lokalen blir relativt snabbt dammiga.

Lastning på transportband
Häckarna hämtas upp med truck och körs sedan till en nedre brygga för tömning. Vid den nedre bryggan finns två platser för tömning av häckar. Båda platserna har vågar samt datorer för registrering av innehåll. När trucken når bryggan ställs häcken på en våg, viktuppgift samt innehåll registreras. En löpande registrering sker av innehållet i häcken, då det inte alltid är lätt att se vad som ligger underst. För att underlätta registreringsprocessen av häckinnehållet används EAN-kod samt EAN-avläsare. Varje EAN-kod betecknar en viss sorts vara, till exempel dammsugare, faxmaskiner och tv-apparater. EAN-koden finns uppsatt på en tavla

närmast datorn och genom att föra över EAN-avläsaren, registrerar datorn innehållet. Enkelt uttryckt fungerar det ungefär som en snabbköpskassa, bortsett att EAN-märkningen inte sitter på produkten utan på en tavla.

Lastningen av elektronikskrotet görs manuellt, varje el-produkt lastas från häcken till transportbandet. Avståndet mellan transportband och häck är uppskattningsvis två meter. Antalet som arbetar med lastningen till transportbandet varierar beroende på hur god bemanning som finns tillgänglig. Maximalt kan tre personer arbeta samtidigt vid lastbryggan, en som registrerar produkterna och två som lastar. Vanligtvis sker arbetsrotation eller växling av arbetsuppgift för de anställda som arbetar med demonteringen. Innehållet i häckarna varierar, en del är lastade med enbart tv-apparater och en del kan innehålla blandat elektronikskrot. Rena innehåll som exempelvis en häck med enbart tv-apparater och bortklippta strömkablar, kan underlätta själva lastnings- och registreringsprocessen. Som hjälpmedel för lyftning och avlastning finns en lyft med krok samt en vakuumlyft även kallad VacuMyggan. Den sistnämnda används framförallt på tv-apparater och förutsätter släta samt rena ytor. VacuMyggan underlättar tunga lyft vid lastning av tv-apparater till transportbandet. När elektronikskrotet i häcken är av blandad sort, kan kablar lätt trassla in sig i både häcken och de andra skrotdelarna i häcken. Till exempel kan kablar från telefonlurar snurra in sig i andra apparater i häcken eller i häckens sidogrindar. För att avhjälpa det problemet används en avbitartång. När häcken är tömd används en spade för att fånga upp små kvarvarande rester från botten. Slutligen fälls häcken ihop och trucken anropas för att frakta bort den.

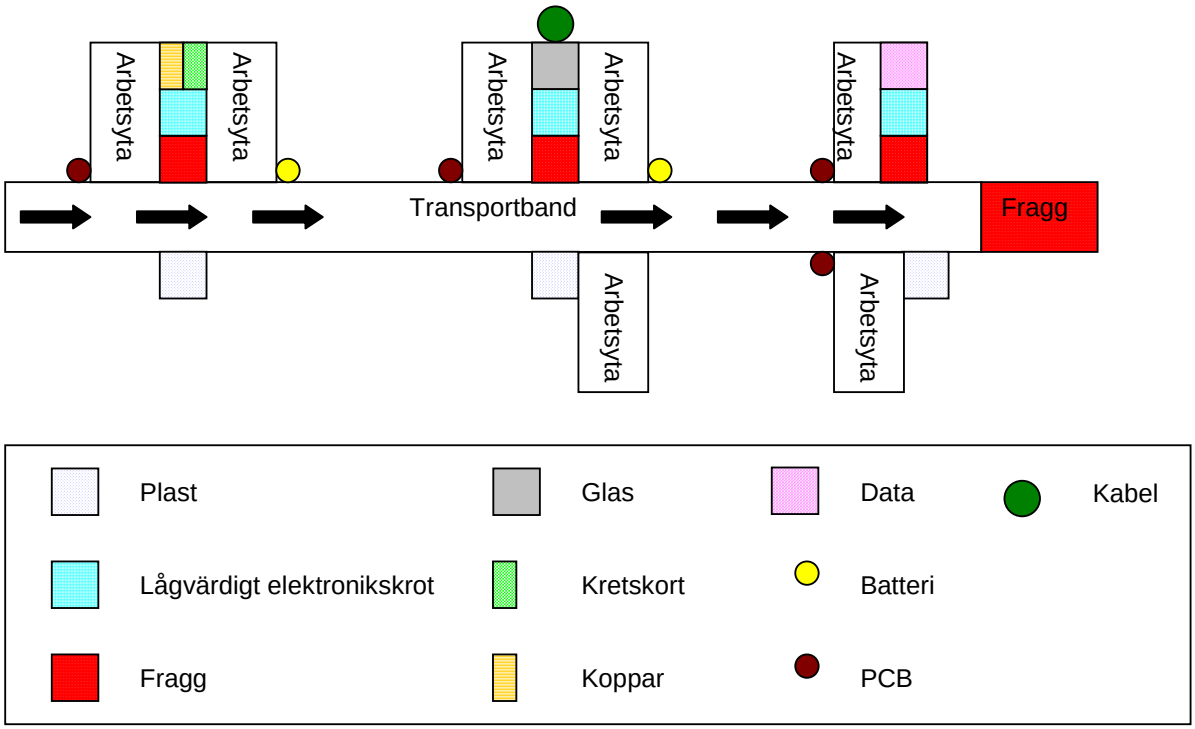
Demontering av tv-apparat

Via transportbandet färdas tv-apparaten upp en våning i lokalen, till demonteringsborden. Totalt finns sju arbetsytor med direkt anknytning till transportbandet. Ingen nivåskillnad förekommer mellan transportband och arbetsyta, vilket gör att tunga apparater kan släpas över istället för att lyftas. Vid varje demonteringsbord finns fickor eller nedkast dit de separerade fraktionerna kastas. Endast ett av borden har nedkast för koppar, därför används mindre flyttbara plastbackar dit kopparfraktioner läggs. Detsamma gäller glas, där endast det mittersta bordet har avsett nedkast. I figur 5.1 visas en schematisk bild över demonteringsborden. Invändigt är glasnedkastet beklätt med gummimatta, vilket dämpar en tidig krossning av glaset och minskar risken för glassplitter samt buller. Detsamma gäller nedkastet för data, där mattan dämpar buller och splitterrisk. I glasnedkastet finns ett punktutsug som minskar spridningen av damm. Det finns sittmöjligheter vid varje bord, vilket kan underlätta en varierad arbetsställning. Vid demonteringsarbetet används hörselskydd, skyddsglasögon och skyddshandskar. Damm-masker finns även att tillgå samt lättare typer av munskydd. Varje person som arbetar vid demonteringen har en egen verktygslåda. Vanligt förekommande verktyg vid demontering av tv-apparater är: sladdlös skruvdragare (elektrisk), avbitartång och slägga. Beroende på hur hel tv-apparaten är samt den individuella variationen kan demonteringsprocessen variera, en generell beskrivning kan dock delas in i sju steg:

1. Tv-apparaten föses manuellt av från bandet till arbetsytan.
2. Eventuell strömkabel klipps av med avbitartång och kastas i nedkastet för kabel (alt. lågvärdig elektronik).
3. Det bakre höljet skruvas av och kastas i nedkastet för plast (förutsatt det är ren plast).
4. Kablar klipps av med avbitartång för att underlätta demontering av lågvärdigt kretskort. Det bakre kretskortet på bildröret lyftes av.
5. Bildröret skruvas loss från tv-apparatens ram och lyftes/föses ut ur ramen. Den kvarvarande ramen inklusive kretskorten kastas i nedkastet för lågvärdig elektronik.

6. Med hjälp av en slägga slås kopparspolen lös från bildröret, även kallat punktering av bildrör. Antal slag som behövs för att få lös kopparspolen kan variera men ett kraftigt slag resulterar normalt i att spolen lossnar. Tråden runt bildröret (ofta koppar alternativt aluminium) separera relativt enkelt med avbitartång. Då inte alla demonteringsbord har nedkast för koppar, kan spolen och tråden läggas i avsedd plastback.
7. Beroende på om arbetsbordet har avsett nedkast för glas kan bildröret antingen fösas i nedkastet, bäras till nedkastet eller läggas på transportband. Det sistnämnda fungerar enbart vid de två första arbetsytorna (i transportbandets riktning) eftersom glasnedkastet är placerat vid de mellersta arbetsytorna.

Tidsåtgången per tv-apparat varierar men uppskattningsvis tar det drygt 5 minuter från att den anlänt tills att den blivit helt isärskruvad.



Figur 5.1 Schematisk bild över demonteringsborden där bland annat tv-apparater demonteras. Förutom de i figuren nämnda fraktionerna, finns även flyttbara plastbackar dit exempelvis lysrör, större batterier, glödlampor, beryllium, kvicksilver och aluminium sorteras.

Under demonteringsborden finns uppsamlingsbehållare för glas (CRT), koppar och eventuell utvändig kabel. Behållarna är placerade på den nedre våningen, direkt under demonteringsborden. Utsorterade delar faller fritt när de släpps i respektive nedkast vid demonteringsborden. Detta innebär att det uppstår buller främst då stora tunga föremål (till exempel bildröret) släpps i avsett nedkast. För tv-apparater uppkommer det främsta bullret när bildröret slängs i nedkastet vilket även leder till att det går sönder. Bildröret krossas när det slår i uppsamlingsbehållaren med en påtaglig smäll. För att minska risken för glassplitter och damm, är uppsamlingsbehållaren för glas (CRT) sluten. Det kan dock vara svårt att få systemet helt tätt eftersom behållaren då och då måste köras ut och tömmas.

Efter den manuella demonteringen av tv-apparaten, finns följande fraktioner:

- Plast
- Koppar
- Lågvärdig elektronik
- Glas (CRT)
- Utvändig kabel
- Eventuell ”farlig komponent” (sällsynt)

En översiktlig beskrivning av vad som händer med dessa fraktioner presenteras nedan.

Plast
All plast klassificeras som flamskyddad och antas innehålla flamskyddsmedel. Plasten komprimeras eventuellt med traktor och fraktas via lastbil till SAKAB i Kumla för omhändertagande och förbränning.

Koppar
Den utsorterade spolen och tråden (även kallad ”TV-trumpets”) skickas till annat företag för vidare upparbetning.

Lågvärdig elektronik
Lågvärdig elektronik lastas med traktor och förvaras i högar ute på gårdsområdet. Beroende på efterfrågan från kund samt bedömning av högens volym, fragmenteras den lågvärdiga elektroniken. En beskrivning av fragmenteringsprocessen följer längre fram i arbetet.

Glas
Efter den manuella demonteringen ligger tv-apparaters bildrör (tillsammans med monitorer) krossat i en container. Glaset skickas idag med lastbil till SAKAB i Kumla för omhändertagande och deponering. Den kommande lagstiftningen på området kommer troligen att förändra hanteringen med uttjänt CRT-glas. Kuusakoski är väl medvetna om problematiken med det uttjänta CRT-glaset och har länge jobbat med att försöka finna lämpliga lösningar för det.

Utvändig kabel
Den eventuellt utvändiga strömkabeln från tv-apparaten går till ett annat företag för vidare upparbetning.

5.1.2 Fragmentering

För närvarande bedriver Kuusakoski AB i Skelleftehamn, fragmentering på två skilda områden. Det ena området ligger i direkt anslutning till Skellefteå hamn och innefattar demonterings- och fragmenteringsverksamhet. Det området är valt att benämnas ”Skelleftehamnsanläggningen”. Det andra området ligger inom Boliden Mineral AB, Rönnskärsverkens verksamhet och omfattar enbart fragmenteringsverksamhet. Denna verksamhet benämns följaktligen ”Rönnskärsverksamheten”.

Fragmentering av elektronikskrot
När högen med det lågvärdiga elektronikskrotet har tillräcklig volym fraktas det till fragmenteringsanläggningen. Elektronikskrot körs under vissa kampanjer, då tillräcklig material finns att mala. Fragmentering av lågvärdigt elektronikskrot sker i regel vid Kuusakoski AB:s fragmenteringsanläggning inom Rönnskärsverken. Separationsmöjligheterna för elektronikskrotet är ”finare” vid Rönnskärsanläggningen än Skelleftehamnsanläggningen. En flyttning

är dock planerad för fragmenteringsanläggningen inom Rönnskärsverkens industriområde. Denna kommer att lokaliseras om till Skelleftehamnsanläggningens verksamhetsområde. Den 10 november gjordes ett studiebesök tillsammans med Lars Lundholm på anläggningen inom Rönnskärverken. Översiktligt går processen till enligt följande.

En traktor lastar materialet till ett inmatningsband, som för det vidare till en ringkross. Eventuellt järn, aluminium (och koppar) lyfts ur det lågvärdiga elektronikskrotet genom magnetavskiljare och virvelströmseparator[9]. Vid behov siktas och krossas materialet upprepade gånger tills det uppnått storleken 0-15 mm. Lågvärdigt elektronikskrot kan behöva siktas tre gånger, innan det nått storleken. Det separerade järnet renas genom manuell plockning för hand. Koppartråd, plast och skräp är några exempel på saker som tas bort för hand. Vid den manuella plockningen arbetar normalt två man. Även aluminiumfraktionen kan plockas för hand för att bli renare. Vid all manuell plockning samt inom vissa områden används skyddsmasker för att minska exponeringsrisken för dammet. Vid verksamheten sker även kontinuerlig provtagning av krossat material, som sedan lämnas för analys. Totalt sköts anläggningen av två till tre man. Farliga komponenter som exempelvis beryllium och kvicksilver avlägsnas manuellt från högarna med inkommet elektronikskrot.

Fragmentering av metallskrot
Då vissa stoftprover har inhämtats från den övriga fragmenteringsverksamhetens anläggning, bör även denna beskrivas kortfattat. Beskrivningen nedan gäller således inte för tv-apparater utan för allmänt fragmenteringsskrot (såsom metallskrot).

Skrotet körs med traktor och tippas i närheten av inmatningsbandet till fragmenteringen. En grävmaskin utrustad med gripklo sköter pålastningen till inmatningsbandet, som för det vidare till en hammarkvarn. Roterande hammarna tillsammans med två olika raster maler sönder skrotet. I kvarnen finns även en evakueringslucka som används för att kasta ut problematiskt gods (gods som fastnar eller inte kan krossas). Via ett kontrollrum styrs och övervakas processen. Inmatningsbandet tillsammans med en rörlig vals ger operatören möjlighet att öka och minska flödet in till krossen. Normalt arbetar en operatör i kontrollrummet, som växlar arbetsuppgift med de övriga operatörerna. Några exempel på hjälpmedel i kontrollrummet är dator, övervakningsmonitorer samt kommunikationsradio. Rotationshastigheten för kvarnen är cirka 550 varv per minut, vilket ger upphov till friktion. För att minska värmebildningen samt dammrisken befuktas materialet i kvarnen. Befuktning är dock inte lika nödvändig på vintern, då snö ofta följer med materialet och ger en likvärdig effekt. Efter kvarnen faller materialet ner på ett skakbord, vilket fördelar materialet till ett transportband.

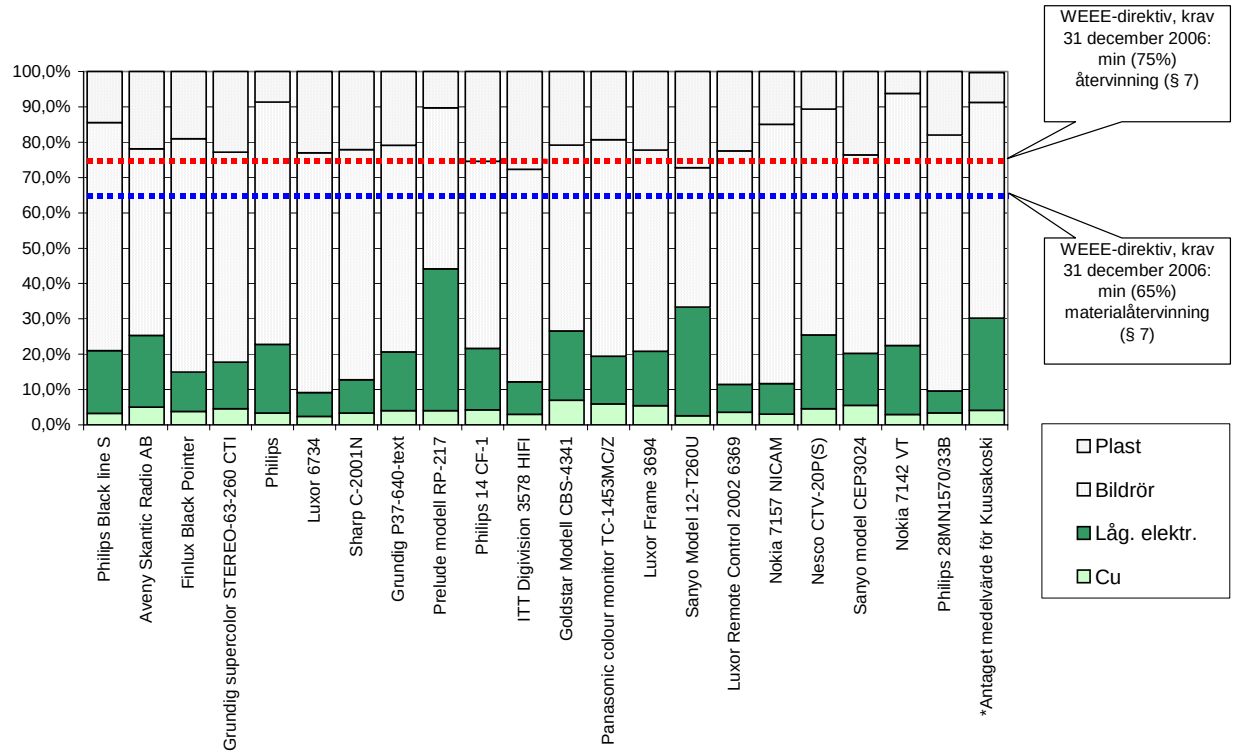
Enligt Kuusakoski$_1$ inleds separationsprocessen med en vindsikten, där tyngre material skiljs från lättare. Det lättare materialet kan bland annat bestå av plast, trä och lättare metaller såsom järn. Separering av detta material möjliggörs genom bland annat magnetavskiljare och virvelströmsseparation (Eddy Current). Magnetavskiljaren plockar ut järn och ”Eddy Current” lyfter ut övrig metall (bland annat aluminium, koppar, mässing och rostfritt stål). Här erhålls två fraktioner, järn och övrig metall. Den tredje och kvarvarande fraktionen kallas ”fluff”. Den består av allt resterande material, till exempel plast, glas och trä.

[9] Virvelströmsseparator även kallad ”Eddy Current Separator”. Genom virvelströmsseparation kan material med olika konduktivitet separeras från varandra. Tekniken bygger på elektriska ledare där varierande elektrisk magnetfält inducerar ett magnetfält i den ledande partikeln, detta tillsammans med passage över en permanent magnet leder till krafter som slungar partiklarna olika långt beroende på dess ledningsförmåga.

Det tyngre materialet som inte lyfts upp av vindsikten, fortsätter över en magnettrumma. Vid magnettrumman avskiljs non-ferrous (icke magnetiska metaller) och järn. Non-ferrous hamnar i en lagringsficka som en egen fraktion. Järnet går vidare på ett transportband för manuell avlägsning av bland annat koppar och skräp. Den manuella plockningen för hand görs för att få järnet så rent som möjligt. Vid plockningen arbetar mellan två till sex (max åtta) personer. Antalet som arbetar med plockningen beror på vilken typ av skrot som fragmenteras. I mitten på lokalen löper transportbandet där järnet passerar. Bandet går förhållandevis snabbt och arbetstempot blir därefter. Dock fördelas arbetsbördan på antalet personer som står vid bandet. På grund av den friktion som materialet utsatts för i hammarkvarnen, kan det bli varmt. Vid den manuella plockningen används därför skyddshandskar för att minska risken för brännskador. Skyddshandskarna ger även skydd mot nedsmutsning samt vassa föremål. Direkt intill bandet finns en lina för nödstopp. Lokalen är liten och har fått benämningen ”plockarkur”. Efter det manuella plockningsarbetet, fortsätter det rena järnet med transportbandet till upplagring på hög.

5.2 Materialsammansättning

Vid jämförelse mellan studien genomförd av Mark (2002) i figur 3.5 och de uppnådda medelvärdena från plockanalysen i tabell 4.1 kan likheter ses. Andelen av respektive fraktion i plockanalysen överensstämmer relativt väl mot litteraturen. I figur 5.2 visas resultatet från de 21 demonterade tv-apparaterna. Ett antagande har gjorts för representering av Kuusakoski AB:s demontering. De streckade linjerna anger det i dagsläget presenterade WEEE-direktivets krav på återvinning. De helfärgade staplarna anger vad som idag går till materialåtervinning. Kravet på minst 65 % materialåtervinning uppnås således inte. Den absolut största delen av tv-apparatens vikt utgörs av bildröret.



Figur 5.2 Sammansättningen för totalt 21 tv-apparater, värdet för Kuusakoski bygger på ett antagande. I dagsläget sker materialåtervinning av koppar (Cu) samt den lågvärdiga elektronikfraktionen (Låg.elektr.). Plastfraktionen går till förbränning med energiåtervinning och bildrör skickas för närvarande till deponi. I figuren redovisas inte fraktionen med utvändig strömkabel på grund av dess låga vikt, fraktionen går dock till återvinning.

I tabell 5.2 har tv-apparatens front (ramen) fått följa med i fraktionen för lågvärdig elektronik. Plastfraktionen utgörs då enbart av tv-apparatens bakre hölje (bakstycket). En sådan separation går betydligt fortare än den detaljdemontering som utförts vid plockanalysen. Andelen plast (som ej utsorterats manuellt) ökar därmed i den lågvärdiga elektronikfraktionen.

Tabell 5.2 Sammansättningen om plastfraktionen enbart representeras av tv-apparatens bakre plasthölje. Demonteringsarbetet skulle sannolikt gå betydligt snabbare än den tidsåtgång som förekom vid detaljdemonteringen, i och med att apparaterna inte demonteras lika noggrant.

Nr	Märke/modell	År	Cu	Lågvärdig el (inkl. front)	Bildrör	Plast (bakstycke)	Ev. utvändig kabel
1	Philips Black line S	1999?	3,3%	25,3%	64.5%	6,9%	0,0%
2	Aveny Skantic Radio AB	1977?	5,1%	38,9%	52.8%	3,2%	0,2%
3	Finlux Black Pointer	1989	3,8%	24,6%	66.1%	5,3%	0,2%
4	Grundig supercolor STER	-	4,6%	30,1%	59.5%	5,5%	0,3%
5	Philips	1990	3,3%	23,1%	68.6%	4,7%	0,2%
6	Luxor 6734	1984?	2,4%	24,5%	67.9%	4,9%	0,3%
7	Sharp C-2001N	-	3,3%	22,4%	65.1%	8,7%	0,5%
8	Grundig P37-640-text	1994	4,0%	27,3%	58.4%	10,3%	0,0%
9	Prelude modell RP-217	1994	4,0%	39,0%	45.5%	10,3%	1,2%
10	Philips 14 CF-1	1986?	4,3%	31,9%	52.9%	9,9%	0,9%
11	ITT Digivision 3578 HIFI	1990	3,0%	30,6%	60.1%	6,1%	0,2%
12	Goldstar Modell CBS-4341	-	7,0%	31,1%	52.6%	9,4%	0,0%
13	Panasonic colour monitor	ny	5,9%	22,7%	61.3%	10,2%	0,0%
14	Luxor Frame 3694	1989	5,4%	29,8%	56.9%	7,9%	0,0%
15	Sanyo Model 12-T260U	-	2,6%	44,5%	39.5%	13,5%	0,0%
16	Luxor Remote Control 200	1993?	3,6%	26,0%	66.0%	4,0%	0,4%
17	Nokia 7157 NICAM	1997	3,0%	16,1%	73.3%	7,6%	0,0%
18	Nesco CTV-20P(S)	1989?	4,6%	20,9%	63.9%	10,7%	0,0%
19	Sanyo model CEP3024	1991?	5,5%	24,5%	56.1%	12,8%	1,1%
20	Nokia 7142 VT	1992	2,9%	19,3%	71.4%	6,2%	0,2%
21	Philips 28MN1570/33B	1992?	3,4%	16,1%	72.4%	7,9%	0,1%
	Medel	1992	4,0%	27,1%	60.7%	7,9%	0,3%

5.2.1 WEEE-direktivets påverkan

Den nuvarande utformningen av WEEE-direktivet kommer att påverka behandlingen av tv-apparater. Det är dock viktigt att understryka direktivets ovisshet eftersom det är under införande i svensk lag. Någon slutligt lagtext från svenska myndigheter fann inte att tillgå när detta arbete skrevs. Av en tv-apparats totala vikt ska minst 65 % gå till materialåtervinning. Direktivet säger även att vissa delar ska genomgå selektiv behandling bland annat katodstrålerör, kretskort (yta > 10 cm^2), plast innehållande bromerade flamskyddsmedel. Den fluorescerande ytbeläggningen (som frambringar bilden) ska avlägsnas från bildröret.

Utifrån figur 3.2 där antalet tv-apparater inom EU25 åskådliggjordes, kan även en uppskattad bedömning av skrotfallet göras. En tv väger cirka 30 kg och har en livslängd på mellan 15 till 20 år. Inom enbart EU25 finns omkring 170 miljoner tv-apparater. Därmed handlar det uppskattningsvis om drygt 50 miljoner ton tv-apparater som förr eller senare kommer att skrotas. Hur dessa sedan kommer att processas är idag oklart, men WEEE-direktivets nuvarande utformning skulle troligen leda till att många av apparaterna måste behandlas manuellt med demontering för att leva upp till kraven.

5.2.2 Glas

Den 2 december 2004 hölls ett telefonmöte om situationen för CRT-glaset från tv-apparater. Enligt Ola Eklund på Kuusakoski AB utgör tv-apparater (med CRT-glas) omkring 45 % av vikten i avfallet från elektriska och elektroniska apparater. En ökning är att vänta av mängden CRT-glas då platta skärmar nu tar över allt mer. Efter 10 år förväntas mängden CRT-glas i elektronikskrot vända och bli mindre. Marknadssituationen för omhändertagande av CRT-glas i Europa har förändrats, bland annat eftersom en stor mottagare av mixat glas (det vill säga både kon- och panelglas) nu slutat med det (CRT-glas, 2004).

Problemet med glaset är de stora tonnage som uppstår. Kapaciteten för omhändertagande av glas för återvinning är begränsad, bland annat eftersom en mottagare av CRT-glas i Europa nu slutat processa det. Detta tillsammans med den utvecklingen av bland annat LCD och plasma tv:s, begränsar återvinningsgraden för de uttjänta CRT-glasen. För glaset gäller det att finna en tillräckligt långsiktig och lönsam metod för bortskaffande och omhändertagande. Trots att luminiscensbeläggningen utgör en så liten viktmässig del av katodstråleröret, kan en eventuell behandlingsmetod bli besvärlig. Ytbeläggningen måste enligt WEEE-direktivet avlägsnas från katodstråleröret, vilket kräver särskilda behandlingsmetoder till exempel dammsugning.

5.2.3 Plast

Olika typer av plast förekommer i tv-apparaterna, Mark (2002) och Kobler et al. (2004) visar båda på en hög andel HIPS-plast. Ingen analys av plastförekomsten har gjorts förutom den notering av märkt plast som gjordes för bakstyckena vid plockanalysen. En viss samstämmighet kan utläsas genom de utförda stoftanalyserna och de snittsammansättningar som finns beskrivna i litteraturen. Som det nämndes i plockanalysen förekom HB-märkning (Horisontal Burning) på två av tv-apparaternas bakstycken. Denna märkning påvisar förekomsten av flamskyddsmedel i tv-apparaternas bakstycken.

5.3 Teoretisk stoftbelastning

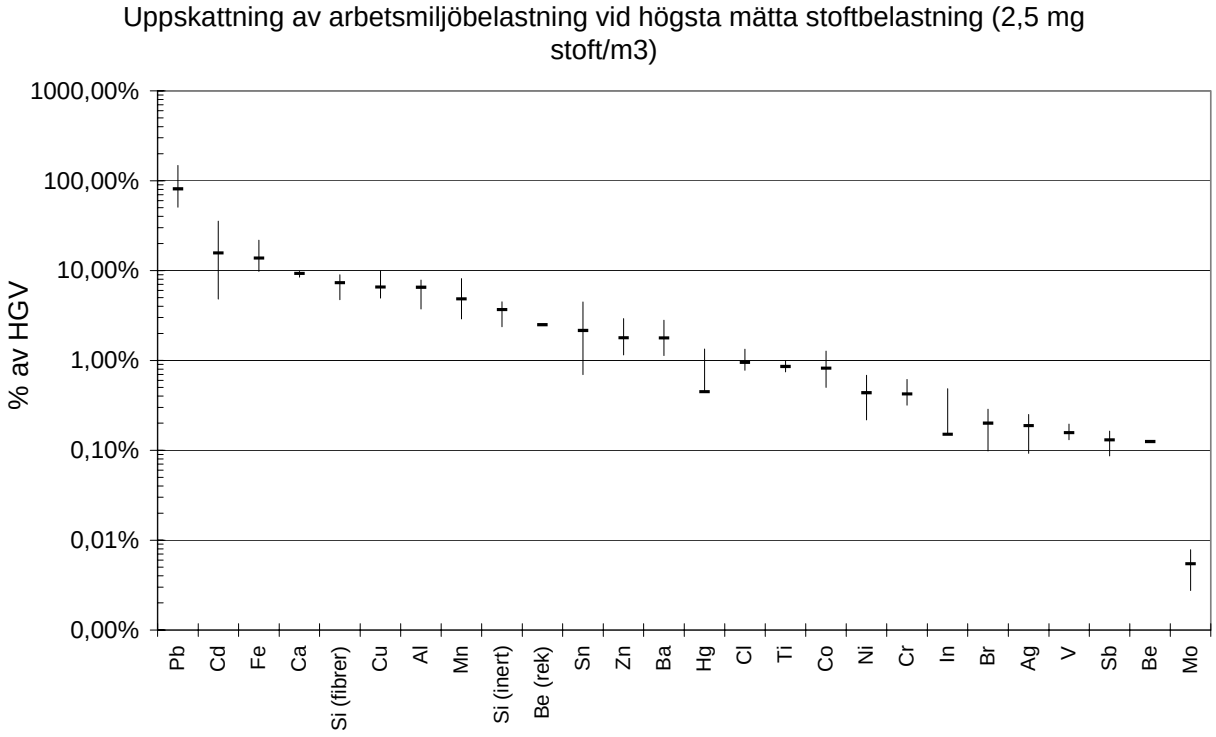
För att kunna jämföra de analyserade stoftproven mot eventuella gränsvärden och liknande, beräknas ett teoretiskt ämnesinnehåll fram. Det teoretiska ämnesinnehållet utgår från det högsta (cirka 2,5 mg/m^3) respektive lägsta (cirka 0,4 mg/m^3) värdet för damm på personburen mätutrustning vid tidigare genomförda yrkeshygieniska mätningar. Dessa mätningar genomfördes av Kuusakoski AB den 29 januari 2004 och finns sammanfattade i följande interna dokument:

- Yrkeshygienisk rapport 2004-03-22, Damm- Bullermätning fragmentering, Skelleftehamn
- Yrkeshygienisk rapport 2004-08-17, Dammätning fragmentering, Skelleftehamn

Det teoretiska ämnesinnehållet beräknas genom att multiplicera de analyserade halterna med stoftbelastningarna 0,4 mg/m^3 respektive 2,5 mg/m^3. Därmed kan ett beräknat (uppskattat) ämnesinnehåll tas fram som visar halterna av elementen vid dammbelastningen 0,4 mg/m^3 och 2,5 mg/m^3. Kortfattat uppskattas dammets arbetsmiljöbelastning genom att avspegla de analyserade stoftproven på två tidigare kända stoftbelastningar. Det bör påpekas att samtliga av de genomförda mätningarna tillsammans med de framräknade (uppskattade) resultaten enbart ger ett så kallat indikativt mått på dammet.

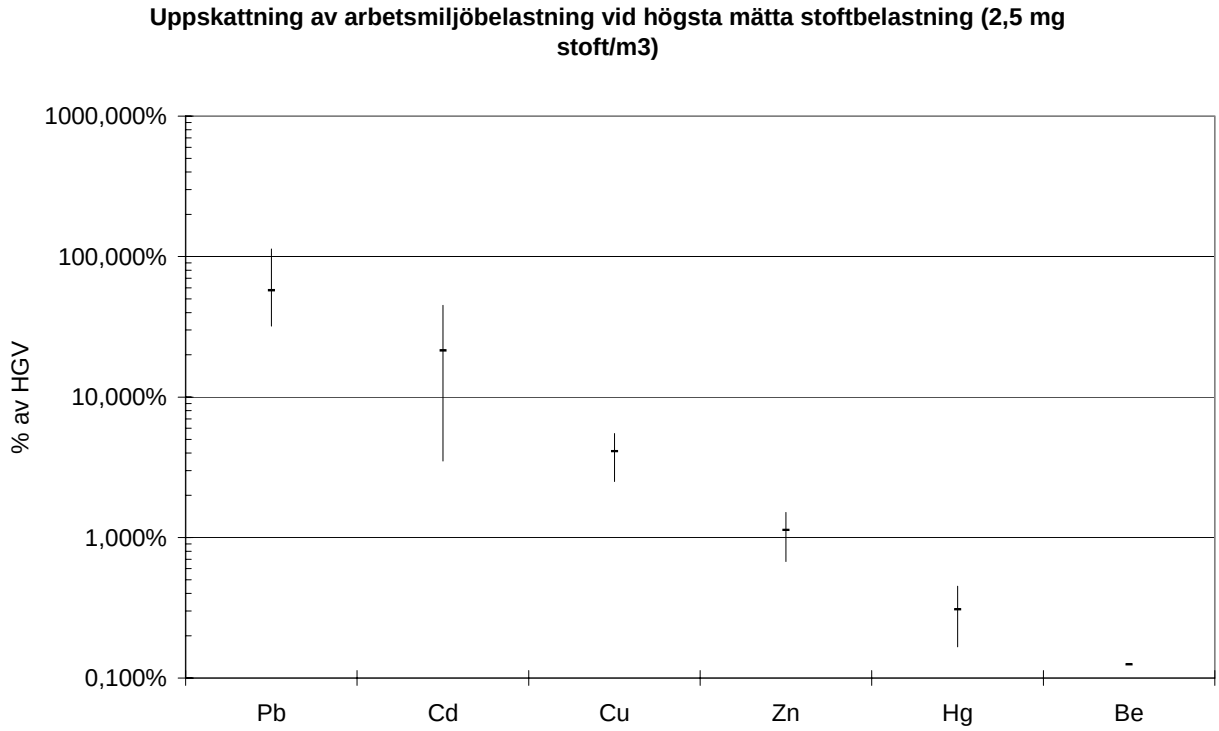
5.3.1 Metaller

Figur 5.3 och 5.4 visar båda en uppskattning av arbetsmiljöbelastningen vid en utsatthet för 2,5 mg stoft/m^3. Spannet för respektive ämnes förekomst visas genom max, min och medelvärde. I båda figurerna tycks bly vara det största problemet i dammet, det bör återigen nämnas att diagrammen bygger på framräknade värden som enbart speglar ett indikativt mått vid en hög stoftbelastning. För de övriga ämnena ses inga direkt påtagliga risker. Kuusakoski AB har nyligen genomfört kontroll av blyvärden i blod hos personalen och dessa har inte visat på några oroväckande tecken för de personer som arbetar vid ovan avsedda miljö.



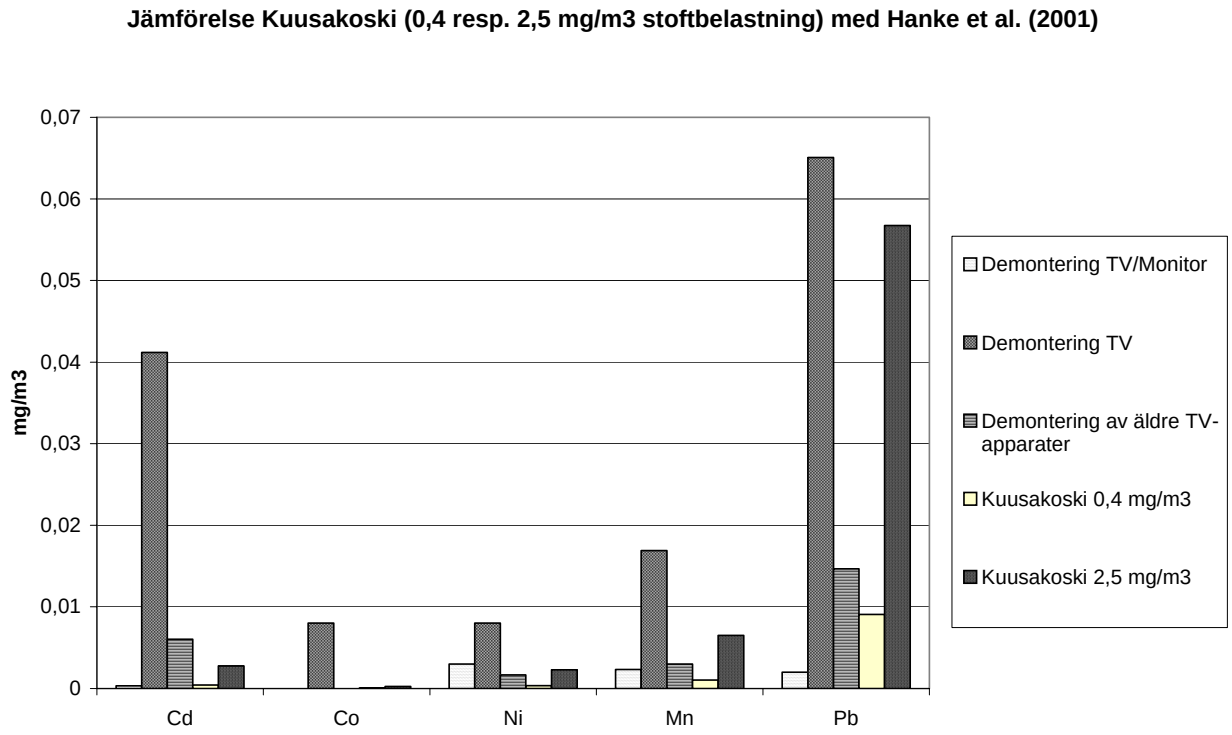
Figur 5.5 Uppskattning av arbetsmiljöbelastning genom dammets innehåll vid den högsta mätta utsatthet av damm (2,5 mg stoft/m^3). Diagrammet är konstruerat utifrån de stoftprover som insamlades den 16 november 2004 (se tabell 4.2) och visar på max, min respektive medelvärden för arbetsmiljöbelastningen. Vid 100 % har det hygieniska gränsvärdet (HGV) tangerats, över 100 % betyder att det hygieniska gränsvärdet har överskridits. För Kisel (Si) har två gränsvärden beaktats, dels i dess form som fiber och dels i sin form som inert. För Beryllium (Be) har två gränsvärden beaktats dels ett gällande och dels ett rekommenderat värde. Beryllium hamnade under detektionsgränsen för analysutrustningen och har därför beräknats med det värde som detektionsgränsen låg på.

För beryllium pågår diskussioner om att kraftigt sänka gränsvärdet (från 2 µg/m^3 till 0.1 µg/m3). För kisel som antas föreligga som inert SiO_2, har gränsvärden för inert SiO_2 respektive SiO_2-haltiga fibrer använts.



Figur 5.4 Uppskattning av arbetsmiljöbelastning genom dammets innehåll vid den högsta mätta utsatthet av damm (2,5 mg stoft/m^3). Diagrammet är konstruerat utifrån de stoftprover som insamlades den 23 november 2004 (se tabell 4.2) och visar på max, min respektive medelvärden för arbetsmiljöbelastningen. Vid 100 % har det hygieniska gränsvärdet tangerats, över 100 % betyder att det hygieniska gränsvärdet har överskridits.

I figur 5.5 jämförs den uppskattade arbetsmiljöbelastningen av fem metaller med uppmätta värden enligt Hanke et al. (2001). De uppskattade halterna avviker inte avsevärt från liknande demonteringsverksamheter i litteraturen. Det bör noteras att den uppskattade arbetsmiljöbelastningen i figuren bygger på två olika analysmetoder (se tabell 4.2). Kobolt, nickel och mangan är de stoftprover som inhämtats den 16 november 2004 från elskåp AS1 vid demonteringsborden. Kadmium och bly är de stoftprover som inhämtats den 23 november 2004 från armaturerna vid demonteringsborden.



Figur 5.5 Figuren visar en jämförelse mellan uppskattad arbetsmiljöbelastning för fem metaller i stoftet och uppmätta halter enligt Hanke et al. (2001). Samtliga uppmätta halter enligt Hanke et al. (2001) avser personmätningar. Till de uppskattade arbetsmiljöbelastningarna (Kuusakoski 0,4; Kuusakoski 2,5 mg/m^3) baseras kobolt (Co), nickel (Ni) och mangan (Mn) på stoftprover tagna den 16 november 2004 vid elskåp AS1 demonteringsborden. Kadmium (Cd) och bly (Pb) baseras på stoftprover tagna den 23 november 2004 vid armatur 1+2+3+4 demonteringsborden.

Även om blyhalten inte tycks skilja sig avsevärt mot halter uppmätta av Hanke et al. (2001), bör den högre stoftbelastningens (2,5 mg/m^3) blyhalt noteras som relativt hög.

5.3.2 Flamskyddsmedel och dioxiner

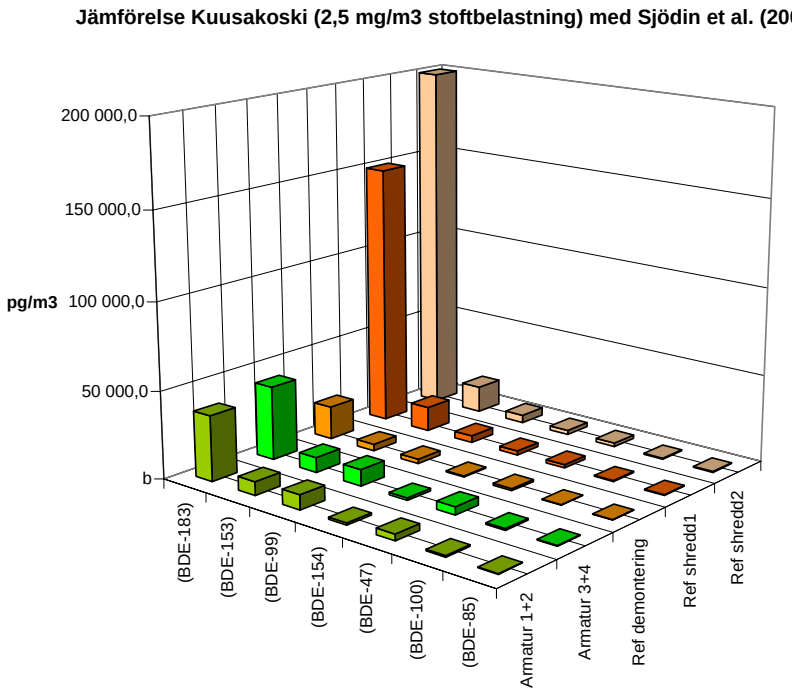
Utfallet för de organiska analyser som gjordes vid demonteringen återfinns i bilaga 7. Vid beräkning med tidigare kända stoftbelastningar (0,4 respektive 2,5 mg/m^3) fås halter som kan jämföras mot liknande studier på området. För flamskyddsmedel i luft finns det idag inte några svenska hygieniska gränsvärden. För många flamskyddsmedel saknas även vetskapen om dess eventuella toxiska effekter. Enligt VAV (2000) finns det däremot ett hygieniskt gränsvärde gällande i USA (så kallat TWA) för oktaBDE på 5 mg/m^3 (vid arbetsmiljö 8 timmar per dag). Den tyska motsvarigheten till arbetsmiljöverket BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbetsmedizin) (2000) rekommenderar ett luftgränsvärde på 50 pg/m^3 för polyklorerade / polybromerade dibenso-p-dioxiner och dibensofuraner (PCDF/D och PBDF/D). Vidare skriver BAuA (2000) att bromerade dioxiner och furaner tillsvidare bör räknas som klorerade. I tabell 5.3 jämförs ovanstående rekommendationer mot de värden som beräknats för Kuusakoski vid den högre stoftbelastningen på 2,5 mg/m^3.

Tabell 5.3 Tre rekommenderade värden för polyklorerade / polybromerade dibenso-p-dioxiner och dibensofuraner samt OktaBDE enligt VAV (2000) och BAuA (2000). Armatur 1+2; 3+4 avser beräknat värde vid en stoftbelastning på 2,5 mg/m^3. Samtliga rekommenderade värden klaras med god marginal.

Ämne	Land	Typ	Värde	Armatur 1+2	Armatur 3+4	
OktaBDE	Usa	HGV	5 mg/m3	0,0000445	0,0000485	mg/m3
PCDF/D	Tyskland	Riktvärde	50 pg TEQ/m3	0,051	0,045	pg TEQ/m3
PBDF/D	Tyskland	Riktvärde	50 pg TEQ/m3	10,56	10,80	pg TEQ/m3

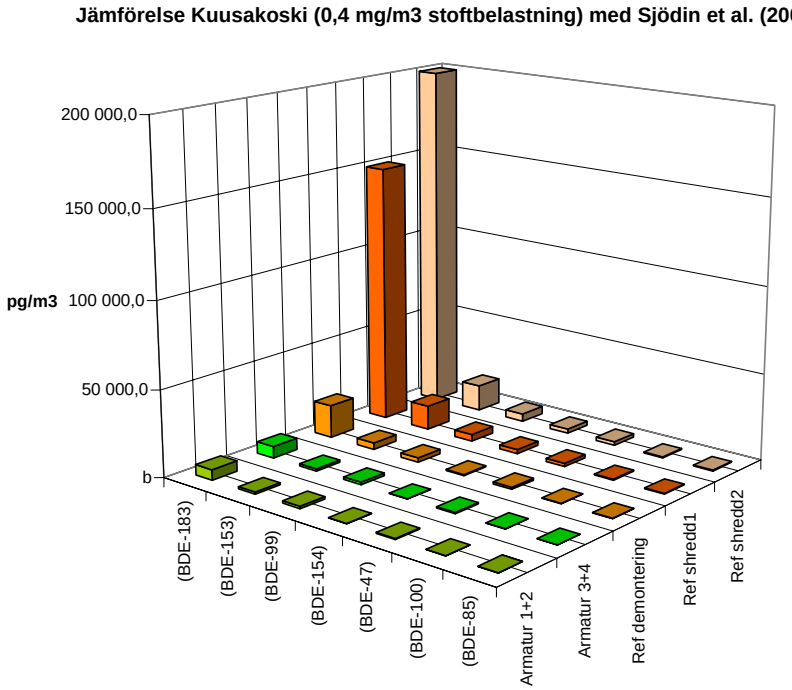
För polyklorerade dibenso-p-dioxin- och dibensofuran- toxicitetsekvivalenter (TEQ PCDF/D) har bland annat Rönnskärsverken använt sig av ett värde gällande 50 ng/m^2 och arbetsdygn. Vid uppskattning av Kuusakoski AB:s arbetsmiljöbelastning (se bilaga 8) fås 8,157 pg/m^2 och arbetsdygn. Värdet klaras således med god marginal.

Sjödin et al. (2001) har genomfört en studie på förekomsten av flamskyddsmedel i inomhus-luft vid bland annat elektronikåtervinningsverksamhet. I studien undersöktes förekomsten av några flamskyddsmedel i en elektronikdemonteringslokal. I figur 5.6 jämförs beräknade halter för Kuusakoski AB vid stoftbelastningen 2,5 mg/m^3 med de halter som uppmättes av Sjödin et al. (2001). En tendens till liknande mönster, där halterna följs åt kan utläsas i figur 5.6.



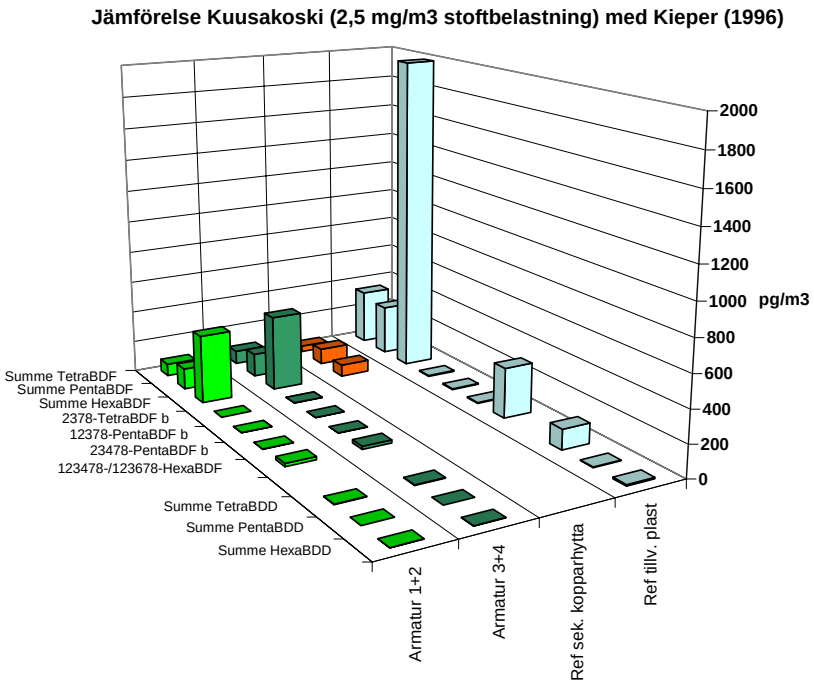
Figur 5.6 Figuren visar en jämförelse mellan de beräknade halterna av PBDEs för Kuusakoski AB:s demonteringshall vid stoftbelastningen 2,5 mg/m^3 och Sjödin et al. (2001). Armatur 1+2; 3+4 avser Kuusakoski AB:s beräknade halter. Samtliga staplar med benämningen Ref avser referensen Sjödin et al. (2001). Ref demontering är de halter som uppmättes i demonteringshallen, Ref shredd1; shredd2 är de halter som uppmättes vid shredder-verksamhet (det vill säga krossning).

I figur 5.7 visas de beräknade halterna för Kuusakoski AB vid den lägre stoftbelastningen på 0,4 mg/m^3. Även i detta diagram kan ett mönster ses där halterna till viss del följs åt. Likheten i materialet skulle kunna ge en antydan om att halterna är relativt tillförlitliga. Både BDE-153 och BDE-183 kan återfinnas i bakstycken till tv-apparater (se tabell 3.1).



Figur 5.7 Jämförelse mellan de beräknade halterna av PBDEs för Kuusakoski AB:s demonteringshall vid stoftbelastningen 0,4 mg/m^3 och Sjödin et al. (2001). Armatur 1+2; 3+4 avser Kuusakoski AB:s beräknade halter. Samtliga staplar med benämningen Ref avser referensen Sjödin et al. (2001). Ref demontering är de halter som uppmättes i demonteringshallen, Ref shredd1; shredd2 är de halter som uppmättes vid shredder-verksamhet (det vill säga krossning).

Kieper (1996) redogör bland annat för förekomsten av dioxiner i luft. I Kiepers rapport redovisas förekomsten vid en plasttillverkningslokal och en kopparhytta (där kopparframställning sker). Kuusakoski AB:s beräknade halter jämfördes mot de som Kieper (1996) redogjort för. Utfallet presenteras i figur 5.8 där vissa likheter kan följas åt.



Figur 5.8 Jämförelse mellan beräknad halt av dioxiner för Kuusakoski vid stoftbelastningen 2,5 mg/m^3 och Kieper (1996). Armatur 1+2; 3+4 avser Kuusakoski AB:s beräknade halter. Samtliga staplar med benämningen Ref avser referensen Kieper (1996). Ref sek. kopparhytta är de halter som uppmättes vid lokaler där det förekommer kopparproduktion med återvunnen råvara (endast tre värden fanns att tillgå). Ref tillv. plast är de halter som uppmättes vid tillverkning av flamskyddade plaster.

Avsaknaden av riktvärden och hygieniska gränsvärden gör det svårt att riskbedöma halterna av de bromerade flamskyddsmedlen samt dioxinerna. Vid jämförelse mot litteraturuppgifter på liknande verksamheters nivåer är dock halterna relativt likartade.

5.4 Manuell förbehandlingsmetod

En manuell förbehandlingsmetod såsom den som beskrivits i kapitel 5.1.1 innehar vissa arbetsmiljöproblem. Tv-apparaternas tunga vikt utgör ett sådant problem. Nedan analyseras tre kända arbetsmiljöproblem inom demonteringsverksamhet.

5.4.1 Ergonomi och tunga lyft

Tv-apparater är relativt tunga och svåra att greppa vid lyft samt flyttning. Plockanalysen tillsammans med litteraturuppgifter visar på en medelvikt mellan 20-30 kg. Enligt Bark et al. (2002) är hanteringen av tunga hushållsapparater ett problem. En bakomliggande orsak anses vara att bildrören i tv-apparater blivit tyngre. Större bildytor och widescreen är ett exempel på detta. Tyngden tillsammans med en försämring av anläggningsytor minskar greppmöjlighet vid lyft av apparaterna. I Bilaga 2 återfinns dimensioner och viktuppgifter på några tv-apparater som finns i den dagliga handeln. För 20 modeller inom kategorin 32” Widescreen blev medelvikten 55 kg. Övriga medelvärden för samma kategori resulterade i en höjd på 57 cm, en bredd på 89 cm och ett djup på 56 cm.

För att underlätta tunga lyft finns hjälpmedel som till exempel VacuMyggan. Hjälpmedel innehar dock en inbyggd svaghet i form av att de ibland är trasiga och otjänliga. VacuMyggan är dessutom begränsad i sitt användningsområde genom dess fasta stationering och krav på släta och rena ytor. Individuella variationer kan även förekomma i benägenheten att använda avsedda hjälpmedel. Brukningsgraden för ett hjälpmedel kan till exempel påverkas av det rådande arbetstempot. Tunga lyft förekommer både vid lastnings- och demonteringsarbete av tv-apparater. Demonteringsarbetet kan ibland kräva att katodstråleröret måste bäras till sin avlämningsplats (nedkastet). När katodstråleröret kastas i glasnedkastet samt när kopparspolen avlägsnas med slägga finns dessutom risk för glassplitter. Därför används skyddsglasögon vid allt demonteringsarbete.

Som tidigare nämnt sker en växling i arbetsuppgift för de som arbetar vid demonteringen. Detta underlättar utsattheten för statiska och monotona arbeten.

5.4.2 Damm

Exponeringsrisken för damm finns vid flera manuella arbetsmoment. Damm förekommer allmänt i lokalen och kan troligen härledas till flera källor för dess uppkomst. Till exempel kan jord och grus ha följt med vid maskinell lastning av materialet i häckarna. Vidare körs många fordon in och ut ur lokalen vilket kan dra in olika typer av stoft utifrån. Vanligt så kallat ”hushållsdamm” följer även med i vissa elektriska och elektroniska apparater som ska demonteras, till exempel kan icke tömda dammsugarpåsar sitta kvar i uttjänta dammsugare. I den utförda plockanalysen var damm och elektrostatiska föroreningar relativt vanligt förekommande i tv-apparaterna. Dammet kan komma i rörelse och frigöras då apparaterna skruvas isär. Krossningen av katodstråleröret ses även som en bidragande källa till stoftspridning, även om den är mer begränsad.

5.4.3 Buller

Vid de manuella arbetena förekommer buller både vid lastning och demontering av tv-apparater. Lastningsmomentet innebär att tv-apparaten ofta dunsar mot transportbandet och vid själva demonteringen uppkommer smällar då släggan används. Mest påtagligt är det buller som uppkommer då bildröret släpps i nedkastet. Studier från ICER (2000), Schlögl (1995) samt Tiltmann och Schüren (1994) tillsammans med plockanalysen visar att bildröret utgör mer än 50 % av tv-apparatens totala vikt. Innehar bildröret en vikt på cirka 18 kg resulterar det i en påtaglig smäll då det krossas. Kuusakoski AB har genomfört mätningar på buller bland annat i samband med de tidigare yrkeshygieniska mätningar som gjorts.

5.5 Mekanisk behandlingsmetod

En mekanisk behandlingsmetod för uttjänta tv-apparater har tidigare beprövats inom branschen. Fullskaliga försök som till stor del baserats på mekaniserade lösningar har resulterat i relativt goda utfall. Med införlivande av WEEE-direktivets nuvarande utformning kommer sannolikt inte en mekanisk behandlingsmetod att vara realiserbar. Den övergripande beskrivningen av metoden vill däremot visa på möjligheter och visioner som funnits hos återvinnare.

5.5.1 Försök med krossning av tv-apparater

För att få en inblick i de försök som genomförts på krossning av hela tv-apparater (utan förbehandling) genomfördes en intervju med Sune Nordström som är ansvarig vid Kuusakoski AB:s fragmenteringsanläggning inom Rönnskärsverken. Det är vid den anläggningen som flertalet försök har genomförts på att krossa tv-apparater utan förbehandling. Intervjun genomfördes den 13 december 2004 och i bilaga 1 återfinns intervjufrågorna.

Sune har varit med och byggt upp den fragmenteringsanläggning som finns inom Rönnskärsverkens område. Han har även vidareutvecklat befintliga mekaniska metoder och kommit med egna lösningar på mekaniska tillämpningar vid fragmenteringsanläggningen. Försöken på mekanisk behandling av tv-apparaterna har körts i omgångar. I början (omkring år 1994) handlade det inte om försök, då kördes apparaterna bara den vägen. Vid försöken har både tv-apparater och bildskärmar krossats, ibland tillsammans och ibland enskilt. Under hösten 2003 genomfördes de sista försöken med krossning av hela tv-apparater. Sune menar att utfallet av försöken har slagit väl ut vilket även bekräftas av genomförda miljömätningar. Damm har mätts samtidigt med försöken och påvisar inte några alarmerande resultat. Yrkeshygieniska mätningar med personburen mätutrustning har genomförts av Rönnskärs miljögrupp. Att krossa en tv-apparat resulterar i ett antal fraktioner, vid de tidiga försöken förekom ingen så kallad deponifraktion. Kraven från exempelvis myndigheter och beställare kunde skilja sig mot för idag. Det fanns bland annat funderingar på att låta glasfraktionen ersätta sand i Rönnskärs process.

Enligt Rönnskärsverken har intag av glas testats i stor skala. För att glaset ska bli av intresse för dem krävs dock en ”gate fee” eller avlämningsavgift. Denna behövs bland annat för att täcka metallförluster på grund av ökade slaggvolymer (glaset innehåller mindre SiO_2 än den sand (98 % SiO_2) som används som slaggbildare). Nuvarande kostnader för deponering är lägre än den av Rönnskär indikerade ”gate fee” eller avlämningsavgiften. Fördelen med att använda glaset som sandersättning är att deponimängden blir minimal. Plasten används som reduktionsmedel och glaset blir till en produkt, järnsand (så kallad granulering) som bland annat används vid byggen och minskar uttaget av naturgrus.

Vid krossningen av hela tv-apparater erhölls en glasfraktion. Den påminde till stor del om ”grovsalt” i både färg och utseende. Av glaset blev omkring 80 % mindre bitar (i ”grovsalts” storlek) och cirka 20 % blev större bitar. Eftersom glas är relativt tungt hamnade denna fraktion tillsammans med non-ferrous fraktionen. Därmed blev fraktionen av non-ferrous sämre i sin renhet än den som nås idag. Även fraktioner bestående av järn och aluminium uppnåddes, separeringen av dessa metaller skedde utan några problem. Slutligen erhölls den så kallade non-ferrous fraktionen som omfattade allt organiskt och icke magnetiskt material (med undantag för bly och syrafast som kan finnas med). I denna fraktion hamnade bland annat ädelmetall, plast och glas. Idag finns det separationsmetoder för att ta ut enbart plastmaterial men dessa är dyra och kräver stora investeringar. Med den nya anläggningen som är under uppbyggnad kommer cirka 30 % av plasten att kunna avlägsnas. När försöken utfördes sågs inga antydningar till mekaniska problem för processen. Några risker kunde inte heller ses med en mekanisk bearbetning av tv-apparater, det enda skulle vara om det fanns något okänt i dammet eller någon annan okänd risk menar Sune. Tyvärr finns få resultat sparade från försöken. Detta beror bland annat på att det förekom olika syften och beställare, samt att lagstiftningen och dess intentioner på just detta område ständigt förändrades. Därmed minskades den ekonomiska drivkraften för försöken. Försöken kördes ibland med olika ändamål, till exempel miljömätningar, krav från beställare med mera. Miljömätningar på bland annat exponeringen för damm finns att tillgå. Själva krossningen av tv-apparater gjordes med den

ringkross som finns vid anläggningen. Ingen förbehandling skedde på tv-apparaterna utan de skickades direkt in i processen. Från kvarnen suger ett textilfilter, vilket även samlar upp det damm som bildas inne i krossningsprocessen. Glasdamm är dessutom lätt att vattna ner och det förekom inte någon högre damning än vad som sker vid normal drift. Att krossa tv-apparaterna utan förbehandling innebär att färre människor utsätts, dessutom finns slutna processer och anläggningar som kan ta hand om apparaterna. Tv-apparater med behov av manuell demontering (såsom avlägsning av särskild komponent) skulle, enligt Sune kunna lösas med exempelvis färdiga listor.

Idag fragmenteras det lågvärdiga elektronikskrotet tills det nått en storlek mellan 0 till 15 mm. Detta görs för att den efterföljande process som Rönnskär (beställaren) använder, kräver en storlek på 0 till 15 mm för att materialet ska kunna köras i brännare. Fraktionen som Rönnskärsverken köper innehåller bland annat ädelmetaller. Aluminiumfraktionen når aldrig en renhet på över 85 – 90 % det kan följa med lite koppar och zink. Den nuvarande aluminiumfraktionen skickas till Finland där en teknik som kallas ”heavy media[10]” används innan den smälts. I bilaga 9 återfinns ett flödesschema för den mekaniska behandlingsmetoden. Flödesschemat är ett försök till uppställning för hur en mekanisk metod skulle kunna se ut.

5.6 Jämförelse av metoderna

I tabell 5.4 ges ett försök till en övergripande jämförelse mellan en manuell behandlingsmetod och en mekanisk metod för uttjänta tv-apparater.

Tabell 5.4 Ett försök till en övergripande jämförelse mellan dagens behandlingsmetod (manuell) och en mekanisk metod.

	Manuell (idag)	Mekanisk (fragg)	Anmärkning
Produkter:	1) Cu-Fe till metallverk 2) Kretskort till Rönnskär 3) Al till metallverk 4) Alt glas till återvinning 5)Alt plast till återvinning	1) Cu till Rönnskär 2) Fe till stålverk 3) Kretskort till Rönnskär 4) Al till metallverk 5) Glas till Rönnskär 6) Plast till Rönnskär	
Arbetsmiljö:	Kemisk: ok Ergonomi: tveksamt, belastningsskador	Kemisk: ok Ergonomi: ok	Ergonomiaspekten är tveksam för manuell metod.
Återvinning:	30 -35 % Vid upparbetning av glaset >75 %	>75 %	Båda metoderna kan behöva utvecklas mera.
Restfraktion/avfall (alt energiåtervinning)	1) Plast (energi) 2) Glas (deponi)	Delar av plasten, då Rönnskär inte vill ta in för mycket i processen	Ej flamskydd separerat

Båda metoderna kan behöva utvecklas mera. För en mekanisk metod behöver bland annat möjligheterna till mekanisk separering av plast ses över. Graden av återvinning uppskattas till drygt 75 % för respektive metod, förutsatt att glaset återvinns. Ergonomiaspekten bedöms som tveksam vid manuell behandling, dels på grund av tv-apparaternas tunga vikt och dels på grund av upprepade rörelser. Det sistnämnda avhjälps dock genom arbetsrotation och växling i arbetsuppgift.

[10] ”Heavy media” är en separationsteknik där tyngre mineral partiklar sjunker och lättare flyter till ytan i ett bad.

6 Slutsats och rekommendationer

I detta kapitel behandlas de slutsatser som kan dras från arbetet samt några rekommendationer.

Nedan listas de slutsatser som kan dras från arbetet:

- Materialsammansättningen som uppnåddes vid den utförda tv-demonteringen stämmer väl överens med litteraturuppgifter inom området. Skillnaden mellan den detaljerade demonteringen vid plockanalysen och den uppskattade materialfördelningen för verksamheten ligger i andelen plast och lågvärdig elektronik. Vid plockanalysen kunde lång tid spenderas på varje tv-apparat vilket inte skulle bli lönsamt för återvinningsverksamheter.

- För att uppnå WEEE-direktivets krav i sin nuvarande utformning, måste den befintliga behandlingsmetoden utvecklas något. Direktivets krav på minst 65 % materialåtervinning av tv-apparatens totala vikt uppnås således inte. Även en mekanisk behandlingsmetod skulle fodra utveckling för att leva upp till kraven.

- Uppskattningar för arbetsmiljön visar att den kemiska inre miljön ligger för de flesta ämnen långt under föreskrivna respektive rekommenderade gränsvärden.

- Uppskattningar för arbetsmiljön beträffande sju typer av polybromerade difenyletrar (PBDEs) visar på en relativt samstämmig bild vid jämförelse mot uppmätta halter i litteraturen.

- Det största problemet med tv-apparaterna är glaset, då en långsiktig och lönsam metod för närvarande saknas. Vidare kommer det troligen att ske förändringar för tv-apparaternas bildvisande del. Katodstrålebildrör kommer så småningom att bytas mot platta skärmar (exempelvis plasma och LCD).

Nedan listas förslag till fortsatt arbete:

- Den ergonomiska aspekten vid demontering av tv-apparater; arbetsställning, skruvandet och monotona rörelser vid demonteringsarbetet. Tunga lyft av apparaterna vid lastning till transportbandet samt eventuellt kontrollera behovet av skyddsglasögon vid lastningen.

- Samverkan med tillverkarna av tv-apparater kan behöva fördjupas för att skapa och förbättra den slutliga återvinningen av apparaterna.

- Förekomsten av fibrer kan behöva utredas eftersom ingen sammanställning gjordes över detta. Uppskattningar för dammet i arbetsmiljön visar på förekomst av kisel, glasfibrer används bland annat för armering i vissa plaster och gummi.

7 Diskussion

I detta kapitel följer en diskussion över det genererade resultatet av detta examensarbete.

När vi köper en tv-apparat i butiken ligger tanken långt bort från att den en dag ska kasseras. Några generella sätt att bortskaffa avfall är; återanvändning, återvinning, förbränning och deponering. För att återvinning ska vara praktiskt genomförbar måste den vara säker för både hälsa och miljö samt ekonomiskt lönsam. Vidare måste det finnas uthålliga lösningar och en marknad med avsättning för att sekundära råmaterial överhuvudtaget ska kunna återvinnas. I en traditionell återvinning bör materialvärdet kunna bära de kostnader som återvinningen innebär och även ge ett bidrag till uppsamlaren. Tv-apparater har ett lågvärdigt innehåll och många av dess delar kostar att bli av med (till exempel katodstråleröret och plasten).

Detta arbete har berört den förbehandling som uttjänta tv-apparater genomgår och några av dess arbetsmiljöaspekter. Även om fullskaliga och fungerande försök har genomförts på mekaniserad behandling av uttjänta tv-apparater, är det sannolikt att en sådan inte kommer att kunna realiseras. Kommande lagstiftningskrav försvårar till viss del möjligheterna av en mekaniserad behandlingsmetod. Forskning har även visat på behovet av tekniska förbättringar och lösningar till området, innan det skulle bli praktiskt genomförbart. Därför är en fortsatt manuell metod med förbehandling att förorda, även om den ur arbetsmiljösynpunkt, inte är att föredra.

Ingen studie gjordes på demonteringslokalens ventilation men ett intryck är dock att miljön upplevs som relativt dammig. Depositionen av stoft kontrollerades vid elektronikdemonteringen, men den använda metoden bör anses som ganska osäker. Främst då damm är mycket svårt att väga. Stoftdepositionen per ytenhet och arbetsdygn användes sedan för att uppskatta arbetsmiljöbelastningen för ekvivalent halt av polyklorerade dibenso-p-dioxiner och dibensofuraner (TEQ PCDF/D).

Författarens bedömning är att dammet utgör en relativt stor del av arbetsmiljöbelastningen, därför lades fokus på just dammet. I rapporten har stoftanalyserna genom teoretiska värden fått uppskatta den arbetsmiljöbelastning som förekommer vid verksamheten. De uppskattade belastningsvärden som beräknats fram ger indikativa mått på arbetsmiljön. Värdena bör därför tas med beaktning av att de inte utförts som ”riktiga” arbetsmiljömätningar av damm, vilket kräver särskild utrustning (till exempel personburen mätutrustning med filterprovtagning). De uppskattade belastningsvärdena kan däremot ge en bild av hur stort eller litet behovet är av att genomföra ”riktiga” arbetsmiljömätningar. Stoftanalyserna representerar sannolikt långtidsvärden för det damm som förekommer i verksamheten. Valet av provplatser gjordes för att spegla långtidsvärden med stoftet. För samtliga uppskattade arbetsmiljöbelastningar ligger de flesta ämnena långt under föreskrivna respektive rekommenderade gränsvärden. Eftersom Kuusakoski AB:s verksamhet inom Rönnskärsverkens industriområde var under flyttning, togs inget dammprov där. Istället togs samtliga dammprover vid den så kallade Skellefteåhamnsverksamheten, där bland annat den manuella demonteringen av tv-apparater sker. Dammet som inhämtades i plockarkuren (lokal där manuell utsortering sker efter fragmentering) kan inte direkt knytas till elektronikfragmentering eftersom den lokalen hör till Rönnskärsverksamheten. Däremot bedömdes det som intressant att ta med plockarkuren i stoftprovtagningarna eftersom det ger en bättre helhet för verksamheten och den exponeringen som kan ske. Det som saknas i sammanställningen är förekomsten av fibrer. Därför föreslås att kompletterande undersökningar görs i förebyggande syfte.

WEEE-direktivet som är under införande är på både gott och ont för verksamheter som bedriver återvinning av tv-apparater. Att en högre andel av tv-apparaten måste återvinnas kan ses som ett försök till att tvinga fram nya tekniska lösningar. Vidare lägger direktivet stor tyngdpunkt på den yttre miljön och inte så mycket på den inre miljön (arbetsmiljön). Den idag föreskrivna utformningen på direktivet ställer krav på utsortering av vissa specifika delar och komponenter. En reglering i detaljnivå för utsorteringen av komponenter medför troligen att mycket av sorteringen kommer att ske manuellt.

Idag är det största problemet med återvinning av tv-apparater, vad som ska ske med glaset (katodstråleröret). Det utgör den absolut största delen av apparaten, både viktmässigt och volymmässigt. En långsiktig lönsam metod saknas och hänsyn måste även tas till den förändring som nu sker i den bildvisande delen. Det vill säga övergången från katodstrålebildrör till andra tekniker (platta tv-apparater till exempel plasma och LCD). Vidare kan tillverkningsgeografin komma att förändras med introduktionen av de platta tv-apparaterna.

Referenser

Arbetarskyddsnämnden (1996). *Kemiska ämnen på CD-ROM version 3.0*
ISBN: 91-7522-525-5

Arbetarskyddsnämnden (1990). *Kemiska hälsorisker*, Arbetarskyddsnämnden, Falköping. s.23, 19-20

Arbetsmiljöverket (2000). *Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar*, ISBN: 91-7930-357-9, URL: http://www.av.se/regler/afs/2000_03.pdf (2004-11-20)

Bark, P., Kazmierczak, K., Sperling, L., Westgaard, R., Winkel, J. (2002). *Idépromemoria, effektiv återvinning under goda arbetsförhållanden*, Rapport 2002:10, TFK Institutet för transportforskning, URL: http://www.tfk.se/publik/2002_10.pdf (2004-11-20)

BAuA (2000). *Dioxine (polyhalogenierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzo-Furane)*, Technische Regeln für Gefahrstoffe, TGRS 557, Juli 2000.

Boyce, J., Lichtenvort, K., Johansson, G. (årtal saknas). *Monitor disassembly and CRT recycling as an example for green cost management system*, URL: http://aix.meng.auth.gr/helcare/CARE02/Ordnerstruktur/Paper%20Presentations/10.4.pdf (2004-11-20)

Brandt et al. (2000). *Miljöeffekter, Kompendium i miljöskydd, del 4*, Kungliga tekniska högskolan, Graphium/Nordstedts Tryckeri AB, Stockholm, ISBN 91-630-9297-2

BUWAL (2004). *Schriftenreihe Umwelt nr. 374, Umweltgefährdende Stoffe Abfall, Metallische und nichtmetallische Stoffe im Elektronikschrott, Stofflussanalyse*, BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft)

De Poortere, M., Schonbach, C., Simonson, M. (årtal saknas) *The Fire Safety of TV Enclosure Materials, A Survey of European Statistics*, Utgivningsförlag saknas

El-kretsen (2004a-08-09). *19 frågor kring WEEE-direktivet*, URL: http://www.el-kretsen.se/El-Kretsen%20i%20Sverige%20AB-filer/Allm/WEEE_FAQ.htm (2004-08-18)

El-kretsen (2004b-08-09). *Årsrapport 2003 – 2004*, URL: http://www.el-kretsen.se/El-Kretsen%20i%20Sverige%20AB-filer/PDF/2003_4_arsrapport.pdf (2004-08-18)

Elfa (2004a). *Vår teveapparat är sig inte längre riktigt lik*, Antenn ELFAS tidning nummer 3

Elfa (2004). *Tema RoHS 2002/95/EG – Inte bara tillverkarnas ansvar*, Antenn ELFAS tidning nummer 2

Ericson, M., Odenrick P. (1997). *Arbete-Människa-Teknik*, Prevent, Stockholm. ISBN: 91-7522-414-3

Europeiska unionens officiella tidning (2003-02-13). *Direktiv 2002/96/EG av den 27 januari om avfall som utgörs av eller innehåller elektriska eller elektroniska produkter (WEEE)*, URL: http://www.regeringen.se/content/1/c6/01/36/28/1219d654.pdf (2004-08-30)

Gustafsson, B., (2003) *Kemikalieinspektionen, flamskydd 2003*, URL: http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/PM/PM2_04_flamskydd.pdf (2005-01-31)

Hanke, M., Ihrig, Ch., Ihrig, D.F., (2001). *Stoffbelastung beim Elektronikschrott- Recycling*, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Gefährliche Arbeitsstoffe, GA 56, Dortmund/Berlin, ISBN: 3-89701-677-X

ICER (2000). *UK Status Report on Waste from Electrical and Electronic Equipment*, London, England
s.33

ICER (2003). *GW-12.10-130: New approach to cathode ray tube (CRT) recycling*, URL: http://www.icer.org.uk/IcerDtiCrtFinal.pdf (2005-02-27)

ICF Incorporated (1999). *General background documentation on cathode ray tube glass-to-glass recycling*, URL: http://yosemite.epa.gov/ee/epa/riafile.nsf/vwAN/S99-23.pdf/$File/S99-23.pdf (2004-11-20)

IMM (2004-07-08). *Hälsoriskbedömningar, Bromerade flamskyddsmedel*, URL: http://www.imm.ki.se/riskweb/bedomningar/flamskydd.html (2005-02-18)

Kemikalieinspektionen (2003). *Bromerade flamskyddsmedel, -förutsättningar för ett nationellt förbud, rapport från regeringsuppdraget*, URL: http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/Rapporter/Rapport4_03.pdf (2004-11-17)

Kemikalieinspektionen (2004a-03-26). *Bromerade flamskyddsmedel*, URL: http://www.kemi.se/templates/PRIOpage____1074.aspx (2005-02-18)

Kemikalieinspektionen (2004b-03-26) *Dioxiner och dibensofuraner*, URL: http://www.kemi.se/templates/PRIOpage____1075.aspx (2005-02-20)

Kobler, R.W., Christiansen, S., Foss, H., (2004). *The Successful Processing of End of Life Electronics Plastics into separate streams of brominated and phosphate flame retardants with RPI's Skin Flotation technology*, URL: http://www.sperecycling.org/GPEC2004/pdffiles/papers/032.pdf (2004-11-20)

Krook, K. (2001). *Kemiska yrkes- och miljöhygien, att identifiera, mäta och eliminera kemiska riskfaktorer i arbetslivet*, Arbetslivsinstitutet och Prevent, Västervik, ISBN: 91-7045-612-7

Kuusakoski (år saknas). *Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken, Kuusakoski Sverige AB – Skelleftehamn, metallåtervinningsverksamhet*, Tillänglig via Ola Mannberg, platschef Skellefteå-tehamn

Kuusakoski (2004a). *Kuusakoski.se*, URL: http://www.kuusakoski.se/ (2005-01-05)

Kuusakoski (2004b). *Företagets historia i återvinningstjänst*, URL: http://www.arvamet.se/1link1.html (2004-05-14?)

Livsmedelsverket (2004-08-24) *Bromerade flamskyddsmedel*, URL: http://www.slv.se/templatesSLV/SLV_Page____9618.asp (2004-12-03)

Livsmedelsverket (2002-06-20) *Bromerade flamskyddsmedel - de finns överallt i miljön och halterna stiger*, URL: http://www.slv.se/templates/SLV_Page____4677.aspx (2005-01-31)

Mark, F. E. (2002). *Kunstoffe in der Elektrotechnik und Elektronik*, SKZ Süddeutsches Kunststoff-Zentrum Würzburg 26-27 juni 2002, Dow Europe SA

Miljödepartementet (2002-06-06) *Uppdrag ur Kemiskalieinspektionen att utreda förutsättningarna för ett nationellt förbud mot bromerade flamskyddsmedel*, URL: http://www.snf.se/pdf/dok-kemikalier-KemI-uppdraget.pdf (2005-01-31)

Naturvårdsverket (2001-nov). *Avfall från elektriska och elektroniska produkter, Handbok med allmänna råd*, URL: http://www.naturvardsverket.se/pdf/620-6232-8.pdf (2004-08-18)

NRF (2004). *Målinger ved forbrenning av bromholdig avfall*, Rapport 3/2004, ISBN: 82-0035-036-5 URL: http://www.sft.no/nyheter/dokumenter/bromholdigavfall_forbrenning.pdf (2004-11-20)

Oberle, T.,G., (2004) *Recycling of cathode ray picture tubes in a world wide closed cycle*, International Electronics Recycling Congress, 14-16 januari, Basel, Switzerland

OECD (2000). *Session 3, Pilot Checklist and Explanatory memorandum for evaluation of the Enviromental Soundness of an Importing Facility, Management of the Waste Stream: Used personal computers*, URL: http://www.oecd.org/dataoecd/47/22/2742514.pdf (2004-11-20)

Patel, R., Davidson, B., (2003). *Forskningsmetodikens grunder, att planera, genomföra och rapportera en undersökning*, Tredje upplagan, Studentlitteratur, Lund, ISBN: 91-44-02288-3

Schlögl, M. (1995). *Recycling von Elektro- und Elektronikschrott*, Vogel Verlag und Druck, Würzburg, ISBN 3-8023-1531-6
s.17

Sft (2003). *Bruken av bromerte flammehemmere i produkter, Materialstrømsanalyse*, URL: http://www.sft.no/publikasjoner/kjemikalier/1947/ta1947.pdf (2004-11-26)

Siikamäki, R., Döring, E., Manninen, J. (årtal saknas). *Closed-loop and open-loop applications for end-of-life cathode-ray-tube glass recycling*, URL: http://aix.meng.auth.gr/helcare/CARE02/Ordnerstruktur/Paper%20Presentations/20.4.pdf (2004-11-20)

Sjödin, A., Carlsson, H., Thuresson, K., Sjölin, S., Bergman, Å., Östman, C. (2001) *Flame Retardants in Indoor Air at an Electronics Recycling Plant and at Other Work Enviroments*, Environmental Science & Technology, vol. 35, no. 3, 2001

Sll (2003-06-24) *Bromerade flamskyddsmedel*, URL: http://www.sll.se/w_amm/15382.cs?dirid=29777 (2005-02-18)

The Economist (2002). *Pocket World in Figures, 2003 Edition*, ISBN 1 86197 424 8, Profile Books Ltd, London

Thuresson, K. (2004) *Occupational exposure to brominated flame retardants with emphasis on polybrominated diphenyl ethers*, Department of Enviromental Chemistry, Stockholm University, ISBN 91-7265-990-4

Tiltmann, K.O., Schüren, A. (1994). *Recyclingpraxis Elektronik*, Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln, Germany, ISBN 3-8249-0204-4
s.200

U.S. Census Bureau (2004-09-30). *IDB Summary Demographic Data*, URL: http://www.census.gov/ipc/www/idbsum.html (2004-11-21)

VAV (2000). *Brommerade flamskyddsmedel (PBDE och PBB) i slam –ett problem?*, Meddelande VAV M113, april 2000.

Intervju
Sune Nordström, Ansvarig vid Kuusakoski AB:s fragmenteringsanläggning inom Rönnskärsverkens område, datum för intervju: 2004-12-13.

Telefonmöte
CRT-glas (2004). Deltagare: Wiklund, L., Lundell, C., Lehner, T., Mannberg, O., Eklund, O., Lehner, T., datum för telefonmöte: 2004-12-02

Intervjufrågor – mekanisk metod

Intervjufrågor om försök med krossning av hela tv-apparater (mekanisk metod för omhändertagande av uttjänta tv-apparater):

Inledning/allmänt

1) Kan du berätta lite om vad du arbetar med (ex. befattning, anställningsår)?

Försök på krossning av hela tv-apparater

2) När gjordes försöket med att krossa hela tv-apparater och hur gick det till?

3) Skedde det någon som helst förbehandling av tv-apparaten?

4) Vilka produkter/fraktioner fick ni ut och hur mycket blev det (uppskattningsvis)?
   - Ferrous (järn)?
   - Non-ferrous (Cu, Al)?
   - Fluff/plast/glasdamm?

5) Hur mycket uppskattar du blev deponimaterial/sopor?

6) Hur skedde lastning med mera? Fanns det något inslag som krävde manuellt arbete?

7) Ser du några risker för mekanisk bearbetning av hela tv-apparater? Kan det exempelvis bli några bekymmer för fragmenteringsanläggningen/processen?

8) Hur omhändertas dammet i själva fragmenteringsprocessen? Sugs det till ett filter? Vad händer med det sedan?

9) Såg ni några tendenser till ökad dammbildning vid försöken till krossning av hela tv-apparater?

10) Ser du någon fördel eller nackdel med en mekanisk metod för återvinning av tv-apparater (dvs. krossning av hela tv-apparater utan manuell förbehandling)?

Avslutning/övriga tillägg

Finns det något som du vill tillägga?

Vikt- och dimensionsuppgifter för tv-apparater

Följande uppgifter är hämtade från El-gigantens hemsida och visar de tv-apparater som fanns tillängliga för försäljning under november och december 2004. Tabell 1.1 visar de modeller som tillhör kategorin 32” Widescreen och tabell 1.2 visar de som tillhör kategorin Plasma/LCD. Inget medelvärde togs fram för Plasma/LCD eftersom de ansågs för varierande beträffande skärmstorlek.

Tabell 1.1 Uppgifter för 20 stycken 32” Widescreen tv:s, notera medelvikten på 55 kg. Tabellen baseras på data från El-giganten (2004).

Märke/modell	Bredd (cm)	Höjd (cm)	Djup (cm)	Vikt (kg)	Prod.land
THOMSON 32WR100	86,3	55,9	57	50	-
DAEWOO DSC3210E	89	57,3	56,1	47	Kina
PHILIPS 32PW5407	91,4	57	56,1	54	Frankrike
SAMSUNG WS32M064N	89,3	55,3	55,8	56	Ungern
PHILIPS 32PW6408	88,4	56,4	53,9	52	Ungern
THOMSON 32WR402S	86,3	55,9	57	50	Polen
PHILIPS 32PW8609	88,4	56,4	53,9	52	Ungern
PANASONIC TX32PS11	90,2	56,4	55,3	65	Tjeckien
SANYO 32WN7F	88	57,7	56,7	46,8	Storbritannien
SAMSUNG WS32M066TG	89,3	55,3	55,8	56	Ungern
PANASONIC TX32PM11F	90	54,8	56,6	65	-
PHILIPS 32PW6518	84,7	57,9	53,9	54	Ungern
PHILIPS 32PW8719	84,7	54,9	53,9	54	Ungern
SONY KV32CS70	93,4	56,8	57,1	-	Spanien
PANASONIC TX32PX10F	90,2	56,6	54,9	60	Tjeckien
SONY KV32FQ86	91	58,6	58,6	65	Spanien
JVC AV32X4B	86,4	58,7	55	53	-
THOMSON 32WE612B	90,4	57,8	57,7	55	Frankrike
JVC HV32P40	86,4	58,7	55	53	-
PHILIPS 32PW9319	87,7	53,9	54,9	60	Frankrike
Medel 32" Widescreen	88,6	56,6	55,8	55,1	

Tabell 1.2 Uppgifter för plasma- och LCD-tv:s. Inget medelvärde har beräknats eftersom tv-apparaterna varierar i både antal och skräm/bildstorlek. Tabellen baseras på data från El-giganten (2004).

Typ	Märke/modell	Bredd (cm)	Höjd (cm)	Djup (cm)	Vikt (kg)	Prod. land
LCD	PHILIPS 15PF7835	38,5	40	8	4	-
LCD	SAMSUNG LW15M23C	36	33,9	5,1	3,6	
LCD	MATSUI MLCD14R1	36,5	36	5,3	3,45	-
LCD	TOSHIBA 15VL33G	38,6	35,5	-	4,3	Turkiet
LCD	PHILIPS 17PF9945	51,7	30,1	6,5	7	Sydkorea
-	HYUNDAI HLT2051	80,85	52,9	17,35	10	Tyskland
LCD	SAMSUNG LW20M21CX	48	46	23	7,15	-
LCD	PHILIPS 20PF7835	42,5	50	8	6	Singapore
LCD	PHILIPS 20PF7846	58,3	38,6	8,7	8,8	Frankrike
LCD	SAMSUNG LW22A13WDX	47	60	18,5	8,8	-
LCD	PHILIPS 26PF8946	78,8	43,9	11,3	15	Frankrike
LCD	THOMSON 27LCDB03BBK	83,3	48,3	21,6	18	-
LCD	PHILIPS 30PF9946	89,5	49	11	18	Frankrike
Plasma	HYUNDAI HPT4250	108	69	10	33	Storbritannien
LCD	SAMSUNG LE32A41BX	97,2	57,8	31,7	21,5	-
Plasma	LUXOR LUX42P1004	128	74	12	50	Korea
LCD	PHILIPS 26PF9956	78,8	43,9	11,3	15	Frankrike
Plasma	LG RZ42PX21	121	64,4	9,5	37	-
Plasma	JVC PD35D30KES	97,5	54,5	10,3	41,5	Storbritannien

Referens:

El-giganten (2004). *Widescreen 32"*, URL: http://www.elgiganten.se/is-bin/INTERSHOP.enfinity/eCS/Store/sv_SE/-/SEK/El_BrowseCatalog-Start;sid=JQdK6nVlLphK2zTGXjqJC3dBKXot4SyztzI=?CatalogCategoryID=QyTD4QjoDZ8AAADxL%2ehVvga%2e&filename=productpage_text (2004-11-23)

Protokoll för plockanalys

TV nr	Märke/modell	År		Total vikt
				Summa:

Plast						
Typ av plast						
Lågvärdig elektronik						
Koppar (spole + tråd)						
Bildrör						

Anmärkningar

Detaljdemontering av totalt 21 tv-apparater. Samtliga enheter avser kg.

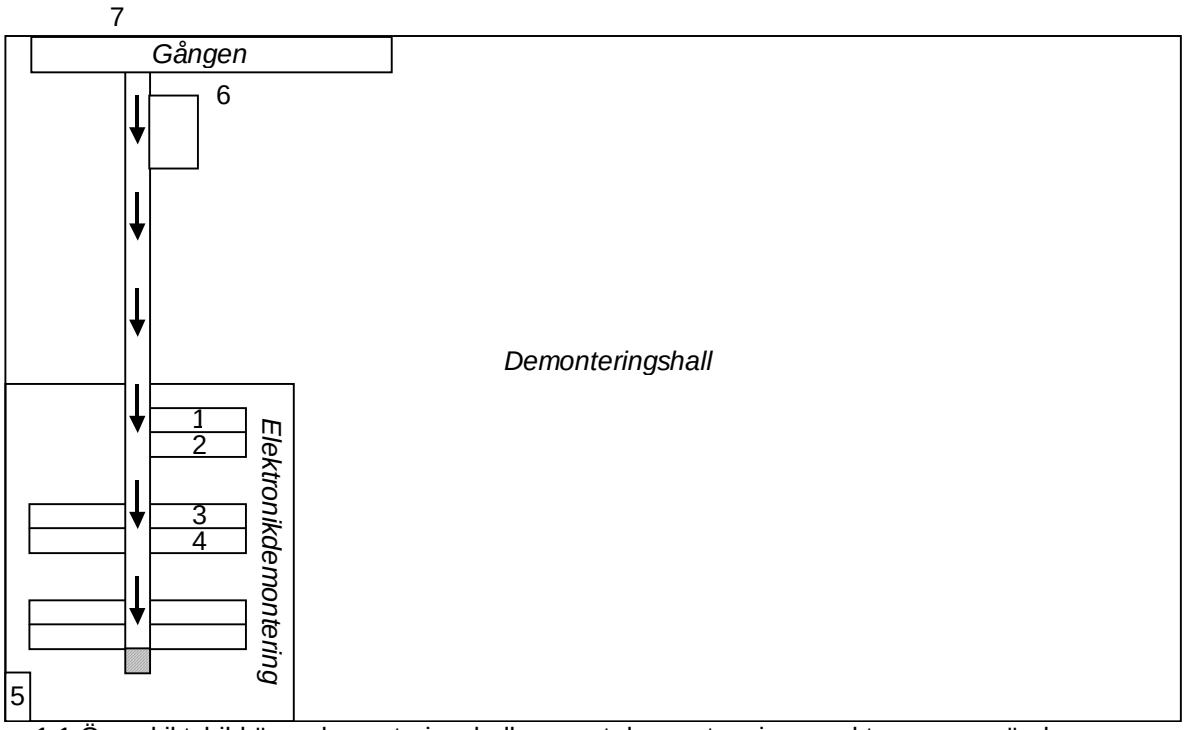
Märke/modell	År	Plast		Cu		Lågv. el.	Ev. strömkabel	Bildrör	Tot. vikt	Ev. kommentar
		Bakstycke	Övrig plast	Spole	Tråd					
Philips Black line S	1999?	2,4629	2,6949	1,129	0,035	6,3211	-	23	-	-
Aveny Skantic Radio AB	1977?	0,9528	5,472	1,077	0,408	5,9534	-	15,5	29,5	-
Finlux Black Pointer	1989	1,8507	4,7712*	0,986	0,341	3,7895	0,0815	23	35	-
Grundig supercolor STEREO-63-260 CTI	-	1,6281	5,0796*	1,086	0,261	3,7831	0,0874	17,5	29,5	-
Philips	1990	1,5882	1,311	0,872	0,248	6,4302	0,0804	23	34	Bildrör hårt fastskruvat. Plastfront fick slås sönder för att vägas.
Luxor 6734	1984?	1,628	6	0,785	0,009	2,1314	0,1031	22,5	34	Dammig, plastbeteckning saknas
Sharp C-2001N	-	1,6044	2,4766	0,419	0,193	1,6548	0,088	12	18,5	-
Grundig P37-640-text	1994	0,9672	1,0016	0,38	-	1,5656	-	5,5	9,5	liten tv
Prelude modell RP-217	1994	0,6566	-	0,163	0,093	2,488	0,0772	2,9056	-	liten tv
Philips 14 CF-1	1986?	1,0314	1,6093	0,371	0,074	1,711	0,0971	5,5	10,5	liten tv, ej koppartråd runt bildrör.
ITT Digivision 3578 HIFI	1990	1,9745	7*	0,754	0,214	2,9154	0,0657	19,5	33	Stor tv, trä-ram (spånskive) runt, plasthölje bak. Bilder finns.
Goldstar Modell CBS-4341	-	0,9825	1,2002	0,653	0,076	2,0527	-	5,5	10,5	liten tv
Panasonic colour monitor TC-1453MC/Z	ny	0,9118	0,8219	0,409	0,122	1,2115	-	5,5	9	liten tv, ingen strömkabel
Luxor Frame 3694	1989	0,8284	1,5135	0,404	0,168	1,6259	-	6	11	Ingen strömkabel, högtalare direkt monterad på kretskort. HB märkt plast
Sanyo Model 12-T260U	-	0,9952	1,0062	0,189	-	2,2657	-	2,9043	7	Ingen strömkabel, liten tv. Bilder finns
Luxor Remote Control 2002 6369	1993?	1,097	5,036*	0,802	0,172	2,0576	0,0991	18	27,5	Stor tv
Nokia 7157 NICAM	1997	2,2655	2,2135*	0,741	0,165	2,6085	-	22	32	Stor tv, ny, bilder, SB-HB märkt plast, Polystyren
Nesco CTV-20P(S)	1989?	1,919	-	0,59	0,237	3,7552	-	11,5	18	Mellanstor tv, ingen strömkabel
Sanyo model CEP3024	1991?	1,0226	0,8688	0,406	0,036	1,092	0,0911	4,5	8,5	liten tv
Nokia 7142 VT	1992	1,998	-	0,763	0,174	6,2355	0,0626	23	32,5	Stor ny tv, SB-märkt plast
Philips 28MN1570/33B	1992?	2,5699	3,251	0,857	0,251	1,9816	0,0306	23,5	32,5	Stor ny tv, dammig invändigt. B.M och P.S märkning på plast.

* Indikerar inslag av trä (främst spånskivematerial) i fraktionen.

Provtagningsplatser för damm

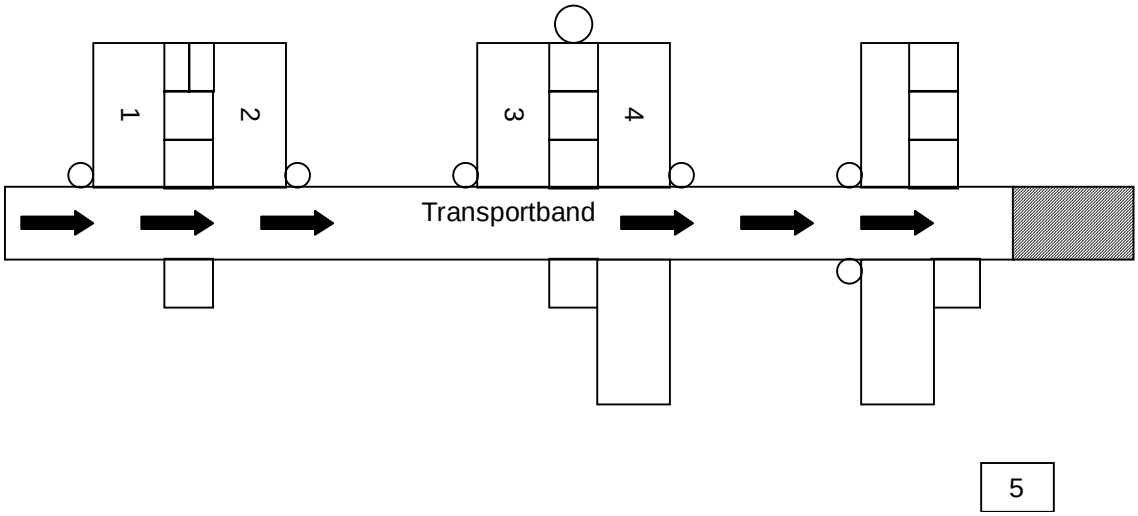
Demonteringshall
Figur 1.1 visar överskådligt de provtagningsplatser som användes i demonteringshallen. Vid följande provplatser togs damm:

- Armaturerna ovanför demonteringsbord (1) och (2) togs som ett prov.
- Armaturerna ovanför demonteringsbord (3) och (4) togs som ett prov.
- Elskåpet AS1 (5) vid elektronikdemonteringen.
- Upphängningsbalk till VacuMygga (6), provet nåddes från ”gången”.
- Träbalk vid ”gången” (7).



Figur 1.1 Överskiktsbild över demonteringshallen samt de provtagningspunkter som användes. Elektronikdemonteringen samt ”gången” ligger på ett övre plan.

En mer detaljerad bild av de 3 prover som togs vid elektronikdemonteringen finns i figur 1.2. Höjden till samtliga armaturer är cirka 230 cm och dammet som inhämtats representerar troligen en längre tids belastning.



Figur 1.2 Provtagningsplatser för damm vid elektronikdemonteringen. Totalt togs 3 dammprover: armatur (1) + (2), armatur (3) + (4) och elskåp AS1 (5).

Plockarkur

Förutom inhämtning av stoftprover i demonteringslokalen, togs även prover i ”plockarkuren”. Plockarkuren ligger ansluten till fragmenteringsprocessen och inhyser manuell sortering av material. I denna lokal inhämtades stoftprover från:

- Ventilationskåpan ovanför transportbandet.
- Elskåpen
- Fönsterbrädor
- Lysrörsarmaturer (under ventilationskåpan).

Analysresultat metaller

2004-11-17

Customer name: .....
address: .....

Visit our website at:
http://www.uniquant.com

\UQ4\JOB\JOB.387 2004-11-17
Sample ident = 5
Remark = Plockarkur vent.kåpa + elskåp
2400 Rh 60kV LiF220 Ge111 TlAP
\UQ4\ASC\Kdata.asc 2002-02-05 ..\ChData.asc 2002-01-28
Calculated as : Oxides Matrix (Shape & ImpFc): 1 Teflon
X-ray path = Vacuum Film type = No supporting film
Case number = 0 Known Mass, Area, Rest, Dilution
Eff.Diam. = 25.0 mm Eff.Area = 490.6 mm2
KnownConc = 0 %
Rest = 0 % Viewed Mass = 18000.00 mg
Dil/Sample = 0 Sample Height = 5.00 mm

< means that the concentration is < 20 mg/kg
<2e means wt% < 2 StdErr. A + or & means: Part of 100% sum

Z	wt%	StdErr	Z	wt%	StdErr	Z	wt%	StdErr
SumBe..F	0	0.034	29+Cu	0.797	0.040	52 Te	<	
11 Na	<2e	0.018	30+Zn	5.85	0.10	53 I	<	
12+Mg	1.22	0.04	31 Ga	0.0080	0.0022	55 Cs	<	
13+Al	2.99	0.06	32 Ge	<2e	0.0024	56+Ba	0.562	0.028
14+Si	9.47	0.09	33 As	<2e	0.010	SumLa..Lu	0.56	0.12
15 P			34 Se	<		72 Hf	<	
15+Px	0.171	0.009	35+Br	0.0804	0.0040	73 Ta	<	
16 Sx			37+Rb	0.0049	0.0019	74 W	<	
16+S	1.38	0.06	38+Sr	0.104	0.005	75 Re	<	
17+Cl	0.529	0.026	39 Y	<		76 Os	<	
18 Ar	<		40+Zr	0.0644	0.0032	77 Ir	<2e	0.0084
19+K	1.12	0.05	41 Nb	<		78 Pt	0.0255	0.0055
20+Ca	7.39	0.11	42+Mo	0.0156	0.0025	79 Au	<	
21 Sc	<		44 Ru	<		80+Hg	0.0161	0.0057
22+Ti	0.800	0.034	45 Rh	<2e	0.0017	81 Tl	<	
23+V	0.0157	0.0016	46 Pd	<		82+Pb	1.45	0.06
24+Cr	0.123	0.006	47+Ag	0.0091	0.0018	83 Bi	<	
25+Mn	0.651	0.032	48+Cd	0.0279	0.0019	90 Th	<	
26+Fe	30.56	0.17	49 In	<		92 U	<	
27+Co	0.0254	0.0034	50+Sn	0.179	0.009	94 Pu	<	
28+Ni	0.137	0.007	51+Sb	0.0327	0.0024	95 Am	<	
==== Light Elements =====			==== Noble Elements =====			====== Lanthanides ======		
SumBe..F	0	0.034	44 Ru	<		57 La	<	
4 Be			45 Rh	<2e	0.0017	58 Ce	<	
5 B			46 Pd	<		59 Pr	<2e	0.0084
6 C			47+Ag	0.0091	0.0018	60+Nd	0.0229	0.0046
7 N			75 Re	<		62 Sm	<	
8 O			76 Os	<		63+Eu	0.423	0.021
9 F	<		77 Ir	<2e	0.0084	64+Gd	0.0252	0.0049
			78 Pt	0.0255	0.0055	65+Tb	0.037	0.010
			79 Au	<		66 Dy	<	
						67 Ho	<2e	0.0096
						68+Er	0.0402	0.0099
						69 Tm	<	
						70 Yb	<	
						71 Lu	<	

KnownConc= 0 REST= 0 D/S= 0
Sum Conc's before normalisation to 100% : 73.5 %

Total % stripped Oxygen: 33.627

OBS! Detta är en kvalitativ analys. Halten varierar med ±35%. Std Err är ett mått på instrumentellt brus och inte analytisk osäkerhet.

Sida: 1 av 1

INS.

BOLIDEN MINERAL AB
CENTRALLABORATORIET
932 81 SKELLEFTEHAMN 0910-773000
Org/ant Insändare

ANALYSINTYG
Pris:
Intyg nr
404033-1

Föremål : PLOCKARKUR

LAB NUMMER	MÄRKNING/PROVT DATUM	CU %	ZN %	PB %	BE g/t	CD %	CLX %	HG %
1308750	L-RÖR 2004-11-25	0.44	3.02	0.82		0.018		
1308751	FÖNSTER 2004-11-25	0.40	2.80	0.69		0.016		
1308752	VENT.KÅPA 2004-11-25	0.40	2.77	0.64	<1	0.014	0.21	0.0054
1308753	ELSKÅP 2004-11-25	0.21	1.40	1.34		0.11		
1308754	ARMATUR 2004-11-25	0.20	1.35	2.27	<1	0.11		0.0020

2004-12-22

2004-11-17

Customer name: .... Visit our website at:
address: .... http://www.uniquant.com

\UQ4\JOB\JOB.499 2004-11-17
Sample ident = 1
Remark = Balk Vacu Mugga
2400 Rh 60kV LiF220 Ge111 TlAP
\UQ4\ASC\Kdata.asc 2002-02-05 ..\ChData.asc 2002-01-28
Calculated as : Oxides Matrix (Shape & ImpFc): 1 Teflon
X-ray path = Vacuum Film type = No supporting film
Case number = 0 Known Mass, Area, Rest, Dilution
Eff.Diam. = 25.0 mm Eff.Area = 490.6 mm2
KnownConc = 0 %
Rest = 0 % Viewed Mass = 18000.00 mg
Dil/Sample = 0.111 Cellulose Sample Height = 5.00 mm
< means that the concentration is < 20 mg/kg
<2e means wt% < 2 StdErr. A + or & means: Part of 100% sum

Z	wt%	StdErr	Z	wt%	StdErr	Z	wt%	StdErr
SumBe..F	0	0.047	29+Cu	0.413	0.021	52 Te	<	
11+Na	1.46	0.05	30+Zn	2.43	0.07	53 I	<	
12+Mg	1.67	0.05	31 Ga	<		55 Cs	<	
13+Al	5.90	0.08	32 Ge	<		56+Ba	0.441	0.022
14+Si	17.84	0.11	33 As	<2e	0.0083	SumLa..Lu	0.361	0.070
15 P			34 Se	<		72 Hf	<	
15+Px	0.236	0.012	35+Br	0.0314	0.0017	73 Ta	<	
16 Sx			37+Rb	0.0056	0.0018	74 W	<	
16+S	2.23	0.07	38+Sr	0.216	0.011	75 Re	<2e	0.0063
17+Cl	0.536	0.027	39+Y	0.210	0.010	76 Os	<	
18 Ar	<		40+Zr	0.0574	0.0030	77 Ir	<	
19+K	2.39	0.07	41 Nb	<		78 Pt	<	
20+Ca	7.73	0.11	42+Mo	0.0109	0.0017	79 Au	<	
21 Sc	<		44 Ru	<		80 Hg	<2e	0.0035
22+Ti	0.625	0.030	45 Rh	<		81 Tl	<	
23+V	0.0117	0.0015	46 Pd	<		82+Pb	1.47	0.06
24+Cr	0.0671	0.0034	47+Ag	0.0077	0.0013	83 Bi	<	
25+Mn	0.250	0.012	48+Cd	0.0766	0.0038	90 Th	<	
26+Fe	14.33	0.14	49+In	0.0049	0.0017	92 U	<	
27+Co	0.0153	0.0018	50+Sn	0.0534	0.0027	94 Pu	<	
28+Ni	0.0484	0.0024	51+Sb	0.0308	0.0022	95 Am	<	
==== Light Elements =====			==== Noble Elements =====			====== Lanthanides ======		
SumBe..F	0	0.047	44 Ru	<		57 La	<	
4 Be			45 Rh	<		58+Ce	0.0130	0.0058
5 B			46 Pd	<		59 Pr	<	
6 C			47+Ag	0.0077	0.0013	60 Nd	<	
7 N			75 Re	<2e	0.0063	62 Sm	<	
8 O			76 Os	<		63+Eu	0.200	0.010
9 F	<		77 Ir	<		64+Gd	0.0141	0.0037
			78 Pt	<		65+Tb	0.0321	0.0058
			79 Au	<		66 Dy	0.0226	0.0052
						67+Ho	0.0166	0.0054
						68+Er	0.0495	0.0048
						69 Tm	<	
						70+Yb	0.0125	0.0035
						71 Lu	<	

KnownConc= 0 REST= 0 D/S= 0.111Cellulose
Sum Conc's before normalisation to 100% : 80.6 %

Total % stripped Oxygen: 38.834

OBS! Detta är en kvalitativ analys. Halten varierar med ±35%. Std Err är ett mått på instrumentellt brus och inte analytisk osäkerhet.

2004-11-17

Customer name: .... Visit our website at:
address: .... http://www.uniquant.com

\UQ4\JOB\JOB.383 2004-11-17
Sample ident = 2
Remark = Elskåp ASI
2400 Rh 60kV LiF220 Ge111 TlAP
\UQ4\ASC\Kdata.asc 2002-02-05 ..\ChData.asc 2002-01-28
Calculated as : Oxides Matrix (Shape & ImpFc): 1 Teflon
X-ray path = Helium Film type = 1 PProp6.3
Case number = 0 Known Mass, Area, Rest, Dilution
Eff.Diam. = 25.0 mm Eff.Area = 490.6 mm2
KnownConc = 0 %
Rest = 0 % Viewed Mass = 18000.00 mg
Dil/Sample = 0 Sample Height = 5.00 mm
< means that the concentration is < 20 mg/kg
<2e means wt% < 2 StdErr. A + or & means: Part of 100% sum

Z	wt%	StdErr	Z	wt%	StdErr	Z	wt%	StdErr
SumBe..F	0	0	29+Cu	0.446	0.022	52 Te	<	
11+Na	1.85	0.06	30+Zn	3.28	0.08	53 I	<	
12+Mg	1.90	0.05	31+Ga	0.0067	0.0016	55 Cs	<	
13+Al	5.72	0.08	32 Ge	<		56+Ba	0.241	0.012
14+Si	15.91	0.11	33 As	<		SumLa..Lu	0.350	0.078
15 P			34 Se	<		72 Hf	0.0120	0.0052
15+Px	0.249	0.012	35+Br	0.0711	0.0036	73 Ta	<	
16 Sx			37 Rb	<		74 W	<	
16+S	2.17	0.07	38+Sr	0.264	0.013	75 Re	<2e	0.0069
17+Cl	0.799	0.040	39+Y	0.394	0.020	76 Os	<	
18 Ar	<		40+Zr	0.0495	0.0037	77 Ir	<2e	0.0098
19+K	2.73	0.07	41 Nb	<		78+Pt	0.0124	0.0037
20+Ca	7.49	0.11	42+Mo	0.0055	0.0017	79 Au	<2e	0.0037
21 Sc	<		44 Ru	<		80 Hg	<2e	0.0038
22+Ti	0.742	0.033	45 Rh	<		81 Tl	<	
23+V	0.0105	0.0016	46 Pd	<		82+Pb	2.95	0.08
24+Cr	0.0756	0.0038	47+Ag	0.0101	0.0013	83 Bi	<	
25+Mn	0.261	0.013	48+Cd	0.142	0.007	90 Th	<	
26+Fe	14.40	0.14	49+In	0.0194	0.0013	92 U	<	
27+Co	0.0101	0.0021	50+Sn	0.0543	0.0027	94 Pu	<	
28+Ni	0.0912	0.0046	51+Sb	0.0291	0.0017	95 Am	<	
==== Light Elements =====			==== Noble Elements =====			====== Lanthanides ======		
SumBe..F	0	0	44 Ru	<		57+La	0.0148	0.0024
4 Be			45 Rh	<		58+Ce	0.0132	0.0060
5 B			46 Pd	<		59 Pr	<	
6 C			47+Ag	0.0101	0.0013	60 Nd	<	
7 N			75 Re	<2e	0.0069	62 Sm	<	
8 O			76 Os	<		63+Eu	0.227	0.011
9 F			77 Ir	<2e	0.0098	64+Gd	0.0215	0.0041
			78+Pt	0.0124	0.0037	65+Tb	0.0295	0.0059
			79 Au	<2e	0.0037	66 Dy	<	
						67 Ho	<2e	0.0066
						68+Er	0.0352	0.0057
						69 Tm	<	
						70 Yb	<	
						71 Lu	<	

KnownConc= 0 REST= 0 D/S= 0
Sum Conc's before normalisation to 100% : 75.5 %

Total % stripped Oxygen: 37.251

OBS! Detta är en kvalitativ analys. Halten varierar med ±35%. Std Err är ett mått på instrumentellt brus och inte analytisk osäkerhet.

2004-11-17

Customer name: .....
address: .....

Visit our website at:
http://www.uniquant.com

\UQ4\JOB\JOB.385 2004-11-17
Sample ident = 3
Remark = Träbalk (gången)
2400 Rh 60kV LiF220 Ge111 TlAP
\UQ4\ASC\Kdata.asc 2002-02-05 ..\ChData.asc 2002-01-28
Calculated as : Oxides Matrix (Shape & ImpFc): 1 Teflon
X-ray path = Helium Film type = 1 PProp6.3
Case number = 0 Known Mass, Area, Rest, Dilution
Eff.Diam. = 25.0 mm Eff.Area = 490.6 mm2
KnownConc = 0 %
Rest = 0 %
Dil/Sample = 0
Viewed Mass = 18000.00 mg
Sample Height = 5.00 mm

< means that the concentration is < 20 mg/kg
<2e means wt% < 2 StdErr. A + or & means: Part of 100% sum

Z	wt%	StdErr	Z	wt%	StdErr	Z	wt%	StdErr
SumBe..F	0	0	29+Cu	0.396	0.020	52 Te	<	
11+Na	2.05	0.06	30+Zn	2.30	0.07	53 I	<	
12+Mg	1.90	0.05	31 Ga	<2e	0.0015	55 Cs	<	
13+Al	6.26	0.09	32 Ge	<		56+Ba	0.226	0.011
14+Si	18.01	0.11	33 As	<		SumLa..Lu	0.282	0.070
15 P			34 Se	<		72 Hf	<	
15+Px	0.214	0.011	35+Br	0.0275	0.0016	73 Ta	<	
16 Sx			37+Rb	0.0068	0.0015	74 W	<	
16+S	1.94	0.07	38+Sr	0.175	0.009	75 Re	<2e	0.0057
17+Cl	0.466	0.023	39+Y	0.168	0.008	76 Os	<	
18 Ar	<		40+Zr	0.0480	0.0025	77 Ir	<	
19+K	2.37	0.07	41 Nb	<		78 Pt	<	
20+Ca	7.85	0.11	42+Mo	0.0109	0.0015	79 Au	<	
21 Sc	<2e	0.0010	44 Ru	<		80 Hg	<2e	0.0032
22+Ti	0.596	0.030	45 Rh	<		81 Tl	<	
23+V	0.0117	0.0014	46 Pd	<		82+Pb	1.23	0.05
24+Cr	0.0634	0.0032	47+Ag	0.0037	0.0010	83 Bi	<	
25+Mn	0.231	0.012	48+Cd	0.0478	0.0024	90 Th	<	
26+Fe	13.72	0.14	49+In	0.0027	0.0011	92 U	<	
27+Co	0.0106	0.0018	50+Sn	0.0278	0.0014	94 Pu	<	
28+Ni	0.0436	0.0024	51+Sb	0.0173	0.0014	95 Am	<	
==== Light Elements =====			==== Noble Elements =====			====== Lanthanides ======		
SumBe..F	0	0	44 Ru	<		57+La	0.0130	0.0021
4 Be			45 Rh	<		58 Ce	<	
5 B			46 Pd	<		59 Pr	<	
6 C			47+Ag	0.0037	0.0010	60 Nd	<	
7 N			75 Re	<2e	0.0057	62 Sm	<	
8 O			76 Os	<		63+Eu	0.204	0.010
9 F			77 Ir	<		64+Gd	0.0160	0.0035
			78 Pt	<		65+Tb	0.0248	0.0053
			79 Au	<		66 Dy	<	
						67 Ho	<	
						68+Er	0.0247	0.0053
						69 Tm	<	
						70 Yb	<	
						71 Lu	<	

KnownConc= 0 REST= 0 D/S= 0
Sum Conc's before normalisation to 100% : 78.2 %

Total % stripped Oxygen: 39.298

OBS! Detta är en kvalitativ analys. Halten varierar med ±35%. Std Err är ett mått på instrumentellt brus och inte analytisk osäkerhet.

2004-11-17

Customer name: .....
address: .....

Visit our website at:
http://www.uniquant.com

\UQ4\JOB\JOB.386 2004-11-17
Sample ident = 4
Remark = Fladerker fönster
2400 Rh 60kV LiF220 Ge111 TlAP
\UQ4\ASC\Kdata.asc 2002-02-05 ..\ChData.asc 2002-01-28
Calculated as : Oxides Matrix (Shape & ImpFc): 1 Teflon
X-ray path = Helium Film type = 1 PProp6.3
Case number = 0 Known Mass, Area, Rest, Dilution
Eff.Diam. = 25.0 mm Eff.Area = 490.6 mm2
KnownConc = 0 %
Rest = 0 %
Dil/Sample = 0
Viewed Mass = 18000.00 mg
Sample Height = 5.00 mm

< means that the concentration is < 20 mg/kg
<2e means wt% < 2 StdErr. A + or & means: Part of 100% sum

Z	wt%	StdErr	Z	wt%	StdErr	Z	wt%	StdErr
SumBe..F	0	0	29+Cu	0.570	0.028	52 Te	<	
11+Na	1.81	0.06	30+Zn	4.01	0.09	53 I	<	
12+Mg	3.19	0.07	31+Ga	0.0093	0.0014	55 Cs	<	
13+Al	5.22	0.08	32 Ge	0.0035	0.0015	56+Ba	0.304	0.015
14+Si	12.09	0.10	33 As	<		SumLa..Lu	0.420	0.089
15 P			34 Se	<		72 Hf	0.0122	0.0047
15+Px	0.202	0.010	35+Br	0.0693	0.0035	73 Ta	<	
16 Sx			37 Rb	<		74 W	<	
16+S	1.57	0.06	38+Sr	0.0680	0.0034	75 Re	<	
17+Cl	0.517	0.026	39 Y	<2e	0.0013	76 Os	<	
18 Ar	<		40+Zr	0.0368	0.0019	77+Ir	0.0135	0.0053
19+K	0.992	0.045	41 Nb	<		78 Pt	0.0176	0.0035
20+Ca	6.77	0.10	42+Mo	0.0116	0.0016	79 Au	<	
21 Sc	<		44 Ru	<		80 Hg	<2e	0.0035
22+Ti	0.662	0.031	45 Rh	<		81 Tl	<	
23+V	0.0131	0.0014	46 Pd	<		82+Pb	1.01	0.05
24+Cr	0.0936	0.0047	47+Ag	0.0070	0.0011	83 Bi	<	
25+Mn	0.547	0.027	48+Cd	0.0193	0.0012	90 Th	<	
26+Fe	23.13	0.16	49 In	<		92 U	<	
27+Co	0.0206	0.0024	50+Sn	0.116	0.006	94 Pu	<	
28+Ni	0.117	0.006	51+Sb	0.0207	0.0014	95 Am	<	
==== Light Elements =====			==== Noble Elements =====			====== Lanthanides ======		
SumBe..F	0	0	44 Ru	<		57+La	0.0109	0.0018
4 Be			45 Rh	<		58 Ce	<	
5 B			46 Pd	<		59 Pr	<	
6 C			47+Ag	0.0070	0.0011	60+Nd	0.0099	0.0037
7 N			75 Re	<		62 Sm	<	
8 O			76 Os	<		63+Eu	0.321	0.016
9 F			77+Ir	0.0135	0.0053	64+Gd	0.0161	0.0038
			78 Pt	0.0176	0.0035	65+Tb	0.0275	0.0078
			79 Au	<		66 Dy	<	
						67 Ho	<	
						68+Er	0.0342	0.0071
						69 Tm	<	
						70 Yb	<	
						71 Lu	<	

KnownConc= 0 REST= 0 D/S= 0
Sum Conc's before normalisation to 100% : 88.4 %

Total % stripped Oxygen: 36.322

OBS! Detta är en kvalitativ analys. Halten varierar med ±35%. Std Err är ett mått på instrumentellt brus och inte analytisk osäkerhet.

Analysresultat och uppskattad arbetsmiljöbelastning för flamskydd, PCB samt dioxiner

Stoftprover från lysrörsarmatur 1 + 2 + 3 + 4, elektronikdemontering, 16 november 2004.

Analys: PCDD/Fs				**Beräknat innehåll vid belastning**			
				0,4	mg/m3	2,5	mg/m3
Clients Sample Name	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**		**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**
Unit	µg/kg dry	µg/kg dry		pg/m3	pg/m3	pg/m3	pg/m3
PCDF							
Total TetraCDF	0,32	0,29		0,13	0,11	0,79	0,71
Total PentaCDF	0,30	0,28		0,12	0,11	0,74	0,71
Total HexaCDF	0,32	0,33		0,13	0,13	0,81	0,82
Total HeptaCDF	0,49	0,45		0,20	0,18	1,23	1,13
OctaCDF	0,52	0,45		0,21	0,18	1,31	1,12
Total Tetra- to OctaCDF	1,95	1,80		0,78	0,72	4,88	4,49
2378-TetraCDF	0,017	0,023		0,01	0,01	0,04	0,06
12378-PentaCDF	0,027	0,024		0,01	0,01	0,07	0,06
23478-PentaCDF	0,036	0,028		0,01	0,01	0,09	0,07
123478-HexaCDF	0,047	0,044		0,02	0,02	0,12	0,11
123678-HexaCDF	0,020	0,020		0,01	0,01	0,05	0,05
123789-HexaCDF	< 0,001	0,001		< 0,00	0,00	< 0,00	0,00
234678-HexaCDF	0,025	0,025		0,01	0,01	0,06	0,06
1234678-HeptaCDF	0,246	0,221		0,10	0,09	0,62	0,55
1234789-HeptaCDF	0,038	0,022		0,02	0,01	0,09	0,06
PCDD							
Total TetraCDD	0,11	0,08		0,04	0,03	0,27	0,21
Total PentaCDD	0,13	0,10		0,05	0,04	0,32	0,26
Total HexaCDD	0,25	0,27		0,10	0,11	0,63	0,67
Total HeptaCDD	1,07	1,05		0,43	0,42	2,66	2,63
OctaCDD	4,89	4,12		1,96	1,65	12,23	10,30
Total Tetra- to OctaCDD	6,45	5,63		2,58	2,25	16,11	14,07
2378-TetraCDD	0,002	0,001		0,00	0,00	0,01	0,00
12378-PentaCDD	0,005	0,004		0,00	0,00	0,01	0,01
123478-HexaCDD	0,008	0,006		0,00	0,00	0,02	0,02
123678-HexaCDD	0,024	0,028		0,01	0,01	0,06	0,07
123789-HexaCDD	0,015	0,018		0,01	0,01	0,04	0,04
1234678-HeptaCDD	0,561	0,549		0,22	0,22	1,40	1,37
Total Tetra- to OctaCDF/D	8,40	7,43		3,36	2,97	21,00	18,57
TEQ-$_{PCDF/D}$ (WHO 1998) incl. Detection limit	0,052	0,045		0,02	0,02	0,13	0,11
EQ-$_{PCDF/D}$ (WHO 1998)	0,051	0,045		0,02	0,02	0,13	0,11

Analys: PBDD/Fs				**Beräknat innehåll vid belastning**			
				0,4	mg/m3	2,5	mg/m3
Client´s sample name	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**		**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**
Dimension	µg/kg mT	µg/kg mT		pg/m3	pg/m3	pg/m3	pg/m3
PBDF							
Summe TetraBDF	31,1	33,8		12,4	13,5	77,8	84,4
Summe PentaBDF	52,7	58,4		21,1	23,3	131,6	145,9
Summe HexaBDF	171,7	188,4		68,7	75,4	429,1	471,0
Summe HeptaBDF	296,4	298,3		118,5	119,3	740,9	745,7
OctaBDF	104,7	147,6		41,9	59,0	261,7	369,0
Summe Tetra- bis OctaBDF	656,5	726,4		262,6	290,6	1641,2	1816,1
2378-TetraBDF b	0,41	0,26		0,2	0,1	1,0	0,7
12378-PentaBDF b	0,47	0,49		0,2	0,2	1,2	1,2
23478-PentaBDF b	0,63	0,66		0,3	0,3	1,6	1,6
123478-/123678-HexaBDF a, b	7,74	8,07		3,1	3,2	19,3	20,2
234678-HexaBDF b	< 0,367	< 0,270					
123789-HexaBDF b	< 0,830	< 1,539					
1234678-HeptaBDF b	296,37	298,29		118,5	119,3	740,9	745,7
1234789-HeptaBDF b	< 1,238	< 1,346					
PBDD							
Summe TetraBDD	1,2	1,5		0,5	0,6	2,9	3,7
Summe PentaBDD	0,1	0,1		0,0	0,0	0,3	0,2
Summe HexaBDD	0,7	0,5		0,3	0,2	1,8	1,2
Summe HeptaBDD	0,8	0,7		0,3	0,3	2,0	1,8
OctaBDD	0,8	0,7		0,3	0,3	2,0	1,7
Summe Tetra- bis OctaBDD	3,6	3,4		1,4	1,4	8,9	8,6
2378-TetraBDD b	< 0,027	< 0,023					
12378-PentaBDD b	< 0,061	< 0,041					
123478-/123678-HexaBDD a, b	< 0,090	< 0,059					
123789-HexaBDD b	< 0,057	< 0,052					
1234678-HeptaBDD b	0,353	0,332		0,1	0,1	0,9	0,8
Summe Tetra- bis OctaBDF/D	660,0	729,9		264,0	291,9	1650,1	1824,6

a) gaschromatographisch an der GC-Phase DB-5 nicht trennbare Isomere.
b) Maximalwert; eine Coelution mit weiteren Kongeneren dieser Homologengruppe ist nicht auszuschließen

Analys: PBBs				**Beräknat innehåll vid belastning**			
				0,4	mg/m3	2,5	mg/m3
Client´s sample name	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**		**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**
Dimension	µg/kg mT	µg/kg mT		pg/m3	pg/m3	pg/m3	pg/m3
2,2',5,5'-TetraBB [a]	< 1,0	< 1,0					
Summe sonstige TetraBB [a]	ND	ND					
Summe TetraBB [a]	**ND**	**ND**					
2,2',4,5,5'-PentaBB [a]	1,2	1,42		0,48	0,568	3	3,55
Summe sonstige PentaBB [a]	ND	ND					
Summe PentaBB [a]	**1,2**	**1,42**		0,48	0,568	3	3,55
2,2',4,4',5,5'-HexaBB [a]	78,3	139		31,32	55,6	195,75	347,5
Summe sonstige HexaBB [a]	7,62	8,91		3,048	3,564	19,05	22,275
Summe HexaBB [a]	**85,9**	**148**		34,36	59,2	214,75	370
HeptaBB [a]	29,2	30,5		11,68	12,2	73	76,25
Summe sonstige HeptaBB [a]	ND	ND					
Summe HeptaBB [a]	**29,2**	**30,5**		11,68	12,2	73	76,25
OctaBB [a]	382	423		152,8	169,2	955	1057,5
Summe OctaBB [a]	**382**	**423**		152,8	169,2	955	1057,5
NonaBB [a]	1010	1410		404	564	2525	3525
Summe NonaBB [a]	**1010**	**1410**		404	564	2525	3525
DecaBB [a]	**1890**	**2610**		756	1044	4725	6525

alle Werte sind auf max. drei signifikante Stellen gerundet.
< : Konzentration unter der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG)
ND: Nicht bestimmt, da keines der entsprechenden Kongenere oberhalb der BG lag
[a] : semi-quantitative Ergebnisse

Analys: TBBPA				**Beräknat innehåll vid belastning**			
				0,4	mg/m3	2,5	mg/m3
Client´s sample name	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**		**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**
Dimension	µg/kg mT	µg/kg mT		pg/m3	pg/m3	pg/m3	pg/m3
TBBA	92400	98500		36960	39400	231000	246250

Analys: PBCDD/Fs					**Beräknat innehåll vid belastning**			
					0,4	mg/m3	2,5	mg/m3
Client´s sample name	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**	Bestimmungs grenze		**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**
Dimension	µg/kg mT	µg/kg mT	µg/kg mT		pg/m3	pg/m3	pg/m3	pg/m3
PBCDF								
Summe MonoBrDF	24,2	24,4	(<2,0)		9,68	9,76	60,5	61
Summe MonoBr-MonoCDF	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-DiCDF	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-TriCDF	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-TetraCDF	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-PentaCDF	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-HexaCDF	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-HeptaCDF	a	a	(<2,0)					
Summe DiBrDF	28,7	19,6	(<2,0)		11,48	7,84	71,75	49
Summe DiBr-MonoCDF	19,7	23,2	(<2,0)		7,88	9,28	49,25	58
Summe DiBr-DiCDF	229,5	230,8	(<2,0)		91,8	92,32	573,75	577
Summe DiBr-TriCDF	a	a	(<2,0)					
Summe DiBr-TetraCDF	a	a	(<2,0)					
Summe DiBr-PentaCDF	a	a	(<2,0)					
Summe DiBr-HexaCDF	a	a	(<2,0)					
Summe TriBrDF	125,4	110,5	(<2,0)		50,16	44,2	313,5	276,25
Summe TriBr-MonoCDF	a	2,6	(<2,0)			1,04		6,5
Summe TriBr-DiCDF	a	a	(<2,0)					
PBCDD								
Summe MonoBrDD	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-MonoCDD	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-DiCDD	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-TriCDD	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-TetraCDD	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-PentaCDD	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-HexaCDD	a	a	(<2,0)					
Summe MonoBr-HeptaCDD	a	a	(<2,0)					
Summe DiBrDD	a	a	(<2,0)					
Summe DiBr-MonoCDD	a	a	(<2,0)					
Summe DiBr-DiCDD	a	a	(<2,0)					
Summe DiBr-TriCDD	a	a	(<2,0)					
Summe DiBr-TetraCDD	a	a	(<2,0)					
Summe DiBr-PentaCDD	a	a	(<2,0)					
Summe DiBr-HexaCDD	a	5,8	(<2,0)			2,32		14,5
Summe TriBrDD	a	a	(<2,0)		a kein Kongener nachweisbar. ( ) Bestimmungsgrenze für ein Kongener der jeweiligen Homologengruppe (S/N = 3:1).			
Summe TriBr-MonoCDD	a	a	(<2,0)					
Summe TriBr-DiCDD	a	a	(<2,0)					

Analys: WHO-PCBs				**Beräknat innehåll vid belastning**			
Clients Sample Name	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**		**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**
Unit	µg/kg dry	µg/kg dry		pg/m3	pg/m3	pg/m3	pg/m3
PCB							
TetraCB(#81)	12,80	6,94		5,12	2,77	32,01	17,34
TetraCB(#77)	264,31	177,80		105,72	71,12	660,77	444,51
PentaCB(#126)	2,70	2,05		1,08	0,82	6,76	5,13
HexaCB(#169)	< 0,06	0,11		< 0,02	0,04	< 0,15	0,27
PentaCB(#123)	11,09	8,10		4,44	3,24	27,73	20,25
PentaCB(#118)	443,65	382,57		177,46	153,03	1 109,12	956,43
PentaCB(#105)	312,14	267,40		124,85	106,96	780,34	668,51
PentaCB(#114)	22,65	19,46		9,06	7,78	56,62	48,65
HexaCB(#167)	22,37	26,69		8,95	10,67	55,92	66,71
HexaCB(#156)	61,82	72,52		24,73	29,01	154,55	181,30
HexaCB(#157)	13,24	15,33		5,29	6,13	33,09	38,33
HeptaCB(#189)	8,30	8,17		3,32	3,27	20,75	20,44
TEQ-$_{PCB}$ (WHO 1998) incl. Detection limit	**0,43**	**0,35**		0,17	0,14	1,06	0,86
TEQ-$_{PCB}$ (WHO 1998)	0,42	0,35		0,17	0,14	1,06	0,86
Analys: Phthalates				**Beräknat innehåll vid belastning**			
				0,4	mg/m3	2,5	mg/m3
Client´s sample name	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**		**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**	**Armatur 1+2**	**Armatur 3+4**
Dimension	mg/kg mT	mg/kg mT		pg/m3	pg/m3	pg/m3	pg/m3
Phthalate							
Dimethylphthalate	< 10	< 10					
Diethylphthalate	< 10	< 10					
Di-n-butylphthalate	110	90		44000	36000	275000	225000
Benzylbutylphthalate	20	30		8000	12000	50000	75000
Diethylhexylphthalate	830	1500		332000	600000	2075000	3750000
Di-n-octylphthalate	< 10	< 10					

Analys: PBDEs				**Beräknat innehåll vid belastning**					**Sjödin et al. (2001) demont.hall**		
				0,4	mg/m3	2,5	mg/m3				
Client´s sample name	**Armatur**	**Armatur**		**Armatur**	**Armatur**	**Armatur**	**Armatur**		**Max**	**Min**	**Medel**
	1+2	**3+4**		**1+2**	**3+4**	**1+2**	**3+4**				**(n=12)**
Dimension	µg/kg mT	µg/kg mT		ng/m3	ng/m3	ng/m3	ng/m3		ng/m3	ng/m3	ng/m3
2,4,4'-TriBDE (BDE-28)	55,4	60,1		0,02	0,02	0,14	0,15				
3,4,4'-TriBDE (BDE-37)	13,5	15,7		0,01	0,01	0,03	0,04				
Summe sonstige TriBDE	28	29,8		0,01	0,01	0,07	0,07				
Summe TriBDE	**96,9**	**106**		0,04	0,04	0,24	0,27				
2,4,4',6-TetraBDE (BDE-75)	2,68	2,11		0,00	0,00	0,01	0,01				
2,3',4',6-TetraBDE (BDE-71)	8,11	4,81		0,00	0,00	0,02	0,01				
2,2',4,4'-TetraBDE (BDE-47)	1470	1830		0,59	0,73	3,68	4,58		2,1	0,35	1,2
2,3',4,4'-TetraBDE (BDE-66)	169	182		0,07	0,07	0,42	0,46				
3,3',4,4'-TetraBDE (BDE-77)	10,8	10,3		0,00	0,00	0,03	0,03				
Summe sonstige TetraBDE	154	164		0,06	0,07	0,39	0,41				
Summe TetraBDE	**1810**	**2190**		0,72	0,88	4,53	5,48				
2,2',4,4',6-PentaBDE (BDE-100)	333	380		0,13	0,15	0,83	0,95		0,52	0,063	0,25
2,3',4,4',6-PentaBDE (BDE-119)	9,45	8,91		0,00	0,00	0,02	0,02				
2,2',4,4',5-PentaBDE (BDE-99)	3380	3770		1,35	1,51	8,45	9,43		5,5	0,54	2,6
2,2',3,4,4'-PentaBDE (BDE-85)	150	168		0,06	0,07	0,38	0,42		0,24	0,1	0,17
Summe sonstige PentaBDE	181	191		0,07	0,08	0,45	0,48				
Summe PentaBDE	**4050**	**4520**		1,62	1,81	10,13	11,30				
2,2',4,4',5,6'-HexaBDE (BDE-154)	492	557		0,20	0,22	1,23	1,39		1	0,13	0,57
2,2',4,4',5,5'-HexaBDE (BDE-153)	3120	3480		1,25	1,39	7,80	8,70		11	0,88	3,9
2,2',3,4,4',5'-HexaBDE (BDE-138)	197	218		0,08	0,09	0,49	0,55				
Summe sonstige HexaBDE	232	255		0,09	0,10	0,58	0,64				
Summe HexaBDE	**4040**	**4510**		1,62	1,80	10,10	11,28				
2,2',3',4,4',5,6'-HeptaBDE (BDE-183)	15000	16900		6,00	6,76	37,50	42,25		44	6,3	19
2,3,3',4,4',5,6-HeptaBDE (BDE-190)	691	794		0,28	0,32	1,73	1,99				
Summe sonstige HeptaBDE	928	994		0,37	0,40	2,32	2,49				
Summe HeptaBDE	**16600**	**18700**		6,64	7,48	41,50	46,75				
2,2',3,4,4',5,5',6-OctaBDE (BDE-203)	2950	3190		1,18	1,28	7,38	7,98				
Summe sonstige OctaBDE [a]	14800	16200		5,92	6,48	37,00	40,50				
Summe OctaBDE	**17800**	**19400**		7,12	7,76	44,50	48,50				
2,2',3,3',4,4',5,6,6'-NonaBDE (BDE-207)	22800	24100		9,12	9,64	57,00	60,25				
Summe sonstige NonaBDE [a]	12300	11300		4,92	4,52	30,75	28,25				
Summe NonaBDE	**35100**	**35400**		14,04	14,16	87,75	88,50				
DecaBDE (BDE-209)	**51000**	**48100**		20,40	19,24	127,50	120,25		70	12	36

alle Werte sind auf max. drei signifikante Stellen gerundet. < : Konzentration unter der angegebenen Bestimmungsgrenze (BG). ND: Nicht bestimmt, da keines der entsprechenden Kongenere oberhalb der BG lag. [a] : semi-quantitative Ergebnisse.

Mätresultat – Vägning av uppsamlat damm

I tabell 1.1 presenteras mätresultaten från det ackumulerade dammet under perioden 3 – 17 december 2004. Dammet uppsamlades på vanliga pappersark i A4-format.

Tabell 1.1 Viktresultat från blanka pappersark respektive de prov som låg vid elektronikdemonteringen.

Blanka A4 ark		Prov	
Nr	Vikt (g)	Nr	Vikt (g)
1	4,8762	1	4,9975
2	4,8718	2	4,9651
3	4,8725	3	4,9947
4	4,9092	4	4,9804
5	4,8824	Medel	4,9844
6	4,8824		
7	4,8751		
8	4,8607		
9	4,8614		
10	4,9054		
Medel	4,8797		

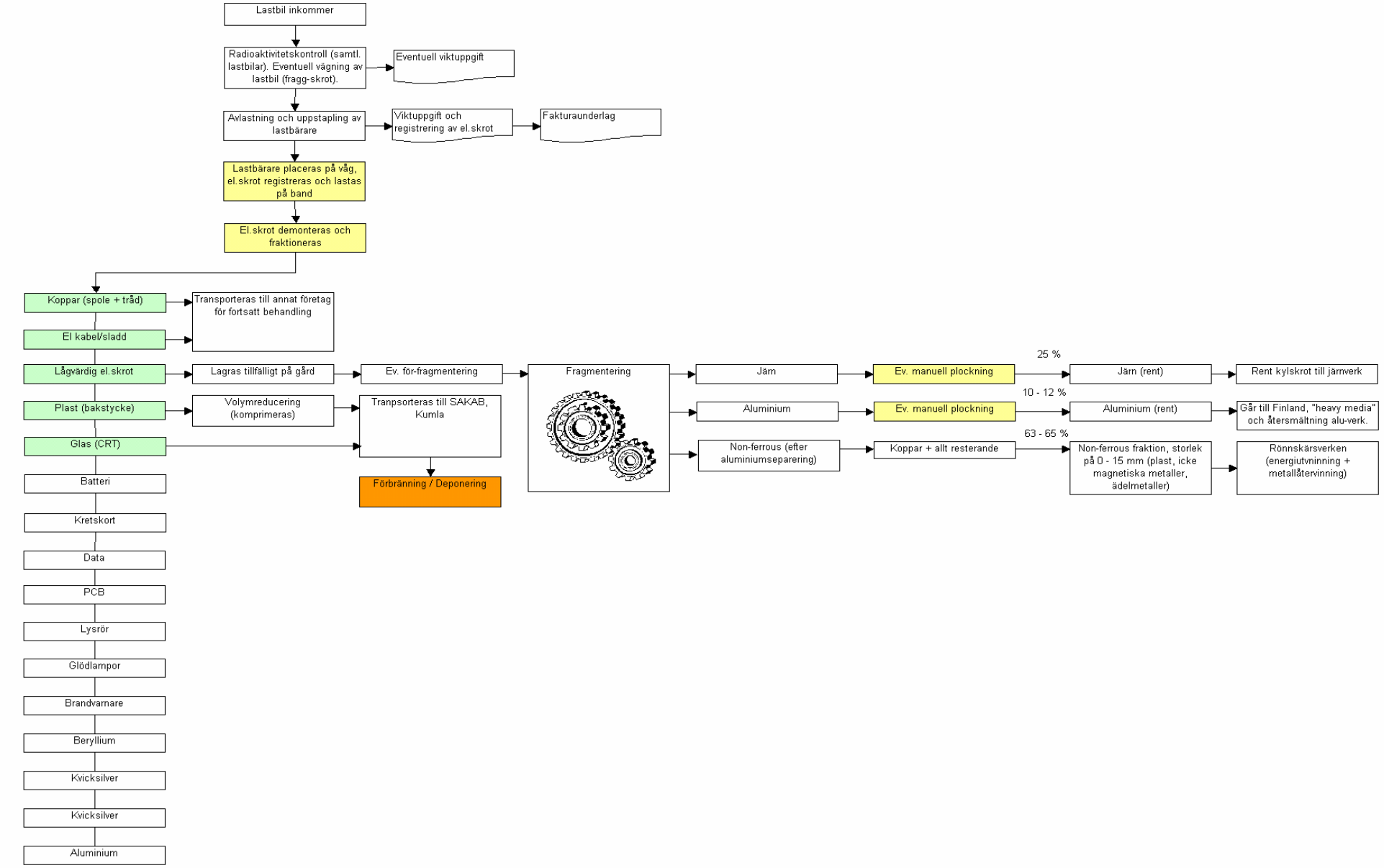
Dimensionen för de använda pappersarken är som följer: 296 mm (längd) och 210 mm (bredd). Därmed blir den användbara arean 62 160 mm^2 eller 0,06216 m^2. Beräknad medelvikt för dammet görs enligt $damm = medel_{blank} - medel_{prov}$ vilket ger 0,1047 g för den avsedda perioden. För perioden var det totalt 10 arbetsdagar (AD). Stoftnedfallet per arbetsdag blir därmed $\frac{0{,}1047g}{10AD} = 0{,}01047g/AD$

Beräknat stoftnedfall per yta och arbetsdag blir $\frac{0{,}01047g/AD}{0{,}06216m^2} = 0{,}16846\text{g/m}^2AD$

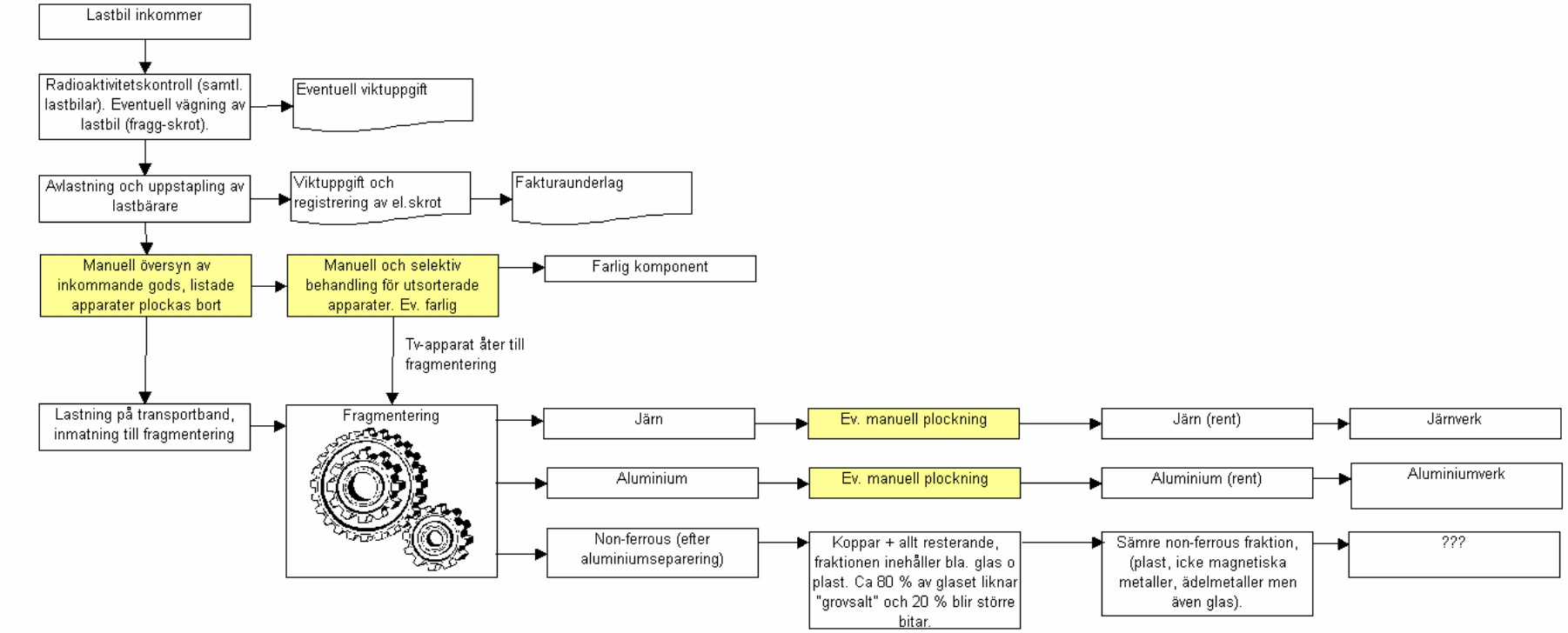
Uppskattad arbetsmiljöbelastning av TEQ-PCDF/D
Uppskattad arbetsmiljöbelastning för medelhalten av TEQ-PCDF/D (WHO 1998) per ytenhet och arbetsdygn blir därmed:

$$0{,}16846 \cdot \frac{0{,}051 + 0{,}045}{2} = 0{,}008157ng/m^2AD$$

Manuell behandlingsmetod



Mekanisk behandlingsmetod (scenario)


Lastbil inkommer
Radioaktivitetskontroll (samtl. lastbilar). Eventuell vägning av lastbil (fragg-skrot).
Eventuell viktuppgift
Avlastning och uppstapling av lastbärare
Viktuppgift och registrering av el.skrot
Fakturaunderlag
Manuell översyn av inkommande gods, listade apparater plockas bort
Manuell och selektiv behandling för utsorterade apparater. Ev. farlig
Farlig komponent
Tv-apparat åter till fragmentering
Lastning på transportband, inmatning till fragmentering
Fragmentering
Järn
Ev. manuell plockning
Järn (rent)
Järnverk
Aluminium
Ev. manuell plockning
Aluminium (rent)
Aluminiumverk
Non-ferrous (efter aluminiumseparering)
Koppar + allt resterande, fraktionen inehåller bla. glas o plast. Ca 80 % av glaset liknar "grovsalt" och 20 % blir större bitar.
Sämre non-ferrous fraktion, (plast, icke magnetiska metaller, ädelmetaller men även glas).
???